



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA



ESTUDOS ESPECIALIZADOS PARA DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS APLICADAS À DRENAGEM SUSTENTÁVEL PARA O MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

NOTA TÉCNICA: OFICINAS

Documento No.

1197-N.T. 1.1/ 23-R04

Emissão:

16/06/2023



Apoio:

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	3
APRESENTAÇÃO	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 CONTEUDOS, METODOLOGIA E PUBLICO DAS OFICINAS	9
2.1 Oficina 1 Drenagem Sustentável	9
2.1.1 Macrodrenagem	13
2.1.2 Microdrenagem	16
2.1.3 Fonte de Poluição Pontual e Não Pontual	18
2.1.4 Bacias Hidrográficas estudadas	18
2.1.5 Participantes das Oficinas	19
2.1.6 Estudo Dirigido	19
2.2 Oficina 2 Dispositivos de Drenagem Sustentável	20
2.2.1 Escala de Projeto	22
2.2.2 Tecnologia aplicáveis a quantidade	25
2.3 Oficina 3 Dispositivos de Drenagem Sustentável Resultados do Questionário aplicado antes do início das oficinas e das questões trabalhadas no estudo dirigido	29
2.3.1 Metodologia adotada para analisar o estudo dirigido	Erro!
	Indicador não definido.
2.4 Oficina 4 e 5 Dispositivos de Drenagem Sustentável	41
3 EQUIPE TÉCNICA	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas	9
Figura 2-2 Interação entre a Drenagem, água e escoto e lixo.....	10
Figura 2-3 Evolução da Drenagem.....	11
Figura 2-4 Diferença entre os limites de inundações antes e após o processo de urbanização.....	11
Figura 2-5 Efeito da Urbanização no Escoamento Superficial, Escoamento dos Telhados, Infiltração do Solo	12
Figura 2-6 Diferença entre Drenagem Convencional e Drenagem Sustentável	13
Figura 2-7 Córrego do Vidoca – SJC	14
Figura 2-8 Estação pluviométrica instalada no córrego Senhorinha	15
Figura 2-9 Demonstração de Boca de Lobo, Guia e Sarjeta.....	17
Figura 2-10 Boca de Lobo com e sem grade	17
Figura 2-11 Sistema de tubos e ligações	17
Figura 2-12 Demonstração de Micro e Macrodrenagem.	18
Figura 2-13 Percentual de Participantes da Oficina 1 por Secretaria e Entidade	19
Figura 2-14 Método de coleta de amostras d'água nos corpos hídricos estudados	21
Figura 2-15 Coletas de água por meio de garrafas NAVA	21
Figura 2-16 Coletas de água dentro da boca de lobo, para posterior análise ..	22
Figura 2-17 Escala de Projetos de Drenagem, de lotes a bacias hidrográficas	22
Figura 2-18 Variáveis que devem ser levadas em consideração em projetos de DS em Lote Unifamiliar	23
Figura 2-19 Variáveis que devem ser levadas em consideração em projetos de DS em Lote múltiplo, comercial e industrial.....	24
Figura 2-20 Variáveis que devem ser levadas em consideração em projetos de DS em Escala de Bairro	24
Figura 2-21 Variáveis que devem ser levadas em consideração em projetos de DS em Escala de Várzea	24
Figura 2-22 Pavimento permeável no CTH-USP.....	26
Figura 2-23 Jardim de Chuva.....	27
Figura 2-24 Etapas construtivas do Jardim de chuva CEPE-USP	27

Figura 2-25 Esquema de uma biovaleta.....	28
Figura 2-26 Percentual de Participantes da Oficina 2 por Secretaria e Entidade	28
Figura 2-27 Ciclo Hidrológico	29
Figura 2-28Escoamento Superficial	30
Figura 2-29 Vazão.....	30
Figura 2-30 Microdrenagem e Macrodrenagem	30
Figura 2-31 Drenagem Urbana Convencional.....	30
Figura 2-32Drenagem Urbana Sustentável.....	31
Figura 2-33 Impacto do controle das águas pluviais e o controle com uso de grandes reservatórios.....	31
Figura 2-34 Poluição Pontual	31
Figura 2-35 Diferença entre o controle de águas pluviais e o controle com uso em grandes reservatórios.....	31
Figura 2-36 Poluição Difusa	32
Figura 2-37 Drenagem Urbana e interferência na qualidade das águas	32
Figura 2-38 Marco Legal do Saneamento	32
Figura 2-39 Problemas na Implantação da Drenagem Sustentável	33
Figura 2-40 Problemas na Operação da Drenagem Sustentável.....	34
Figura 2-41 Problemas Solucionados pela DC.....	35
Figura 2-42 Problemas Solucionados pela DS.....	36
Figura 2-43 Problemas Não Solucionados pela DS	37
Figura 2-44 Municípios conhecem a relação da poluição de Lavagem e a qualidade da água.....	37
Figura 2-45 O papel dos municípios no sistema de Drenagem	38
Figura 2-46 Os municípios conhecem os custos do Sistema de Drenagem	38
Figura 2-47 Os municípios conhecem como a poluição de lavagem compromete qualidade da água.....	38
Figura 2-48 Problemas Encontrados na DS e na DC.....	39
Figura 2-49 Problemas Encontrados na DS e na DC.....	40
Figura 2-50 Percentual de Participantes da Oficina 3 por Secretaria e Entidade	41
Figura 2-51 Modelo de Jardim de Chuva	42
Figura 2-52 Etapa 1 do Processo Construtivo.....	42

Figura 2-53 Etapa 2 do Processo Construtivo.....	42
Figura 2-54 Etapa 3 do Processo Construtivo.....	43
Figura 2-55 Etapa 4 do Processo Construtivo.....	43
Figura 2-56 Etapa 5 do Processo Construtivo.....	43
Figura 2-57 Percentual de Participantes das Oficinas 4 e 5 por Secretaria e Entidade	44
Figura 2-58 Percentual de Participantes da Oficina 6 por Secretaria e Entidade	45
Figura 2-59 Percentual de Participantes da Oficina 7 por Secretaria e Entidade	46

APRESENTAÇÃO

Este relatório faz parte da documentação dos Estudos Especializados para Desenvolvimento de Tecnologias Aplicadas à Drenagem Sustentável para o Município de São José dos Campos, desenvolvidos pelo Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e com a colaboração da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), através do contrato 428/2022.

O objetivo deste estudo é contribuir para a elaboração da Segunda Etapa do Plano Diretor de Drenagem de Manejo Sustentável de Águas Pluviais (PDDMAP) do município de São José dos Campos. Essa contribuição será feita por meio da pesquisa sobre a aplicação de tecnologias de drenagem sustentável no controle quantitativo e qualitativo das águas pluviais, investigando seus impactos em bacias de referência e correlacionando os resultados com o tipo de ocupação local. Dessa forma, será possível desenvolver um manual de referência para as diretrizes de manejo sustentável das águas pluviais, aumentando o conhecimento sobre essas tecnologias e suas aplicações no município.

Este documento faz parte do Produto 2 - MANUAL DE MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS e tem como objetivo desenvolvimento de ações de capacitação da comunidade técnica, com a disponibilização de um técnico em dez oficinas de três horas de duração cada, nas quais o corpo técnico da Prefeitura de São José dos Campos promoverá o diálogo com outros atores, como as Câmaras Técnicas dos Conselhos Municipais de Saneamento, Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano, de forma a construir diretrizes para Manejo de Águas Pluviais..

1 INTRODUÇÃO

Para a elaboração da Rodada 1 das oficinas o objetivo era integrar outros atores da prefeitura com as práticas da drenagem sustentável. A equipe técnica da prefeitura que faz parte do projeto convidou participantes de diversas secretarias, estiveram presente membros da secretaria de Urbanismo e Sustentabilidade, Gestão Habitacional de Obras, Mobilidade Urbana além de funcionários da Urbanizadora Municipal S.A (URBAM), Defesa Civil, também foram convidados e participaram das oficinas membros da sociedade civil representados por entidades como JC Reciclagem, Alfa Engenharia Ambiental, Mvituzzo e a NSA Incorporações LTDA.

A metodologia adotada nas oficinas foi o aprendizado baseado em equipe (Bollela et al., 2014).

As oficinas iniciaram com 12 questões contemplando os conceitos mais relevantes sobre o tema. Os participantes responderam, individualmente, o questionário eletrônico antes de iniciar as oficinas.

As questões trabalhadas foram:

- 1) Você sabe o que é ciclo hidrológico?
- 2) Você sabe o que é escoamento superficial?
- 3) Você conhece o conceito de vazão?
- 4) Você sabe o que é microdrenagem e macrodrenagem?
- 5) Você conhece o conceito de drenagem urbana convencional?
- 6) Você conhece o conceito de drenagem urbana sustentável?
- 7) Você sabe qual a diferença entre o controle das águas pluviais na fonte e o controle com uso de grandes reservatórios (piscinões)?
- 8) Você conhece o conceito de poluição pontual em corpos hídricos?
- 9) Você conhece o conceito de poluição difusa em corpos hídricos?
- 10) Você sabe como a drenagem urbana pode interferir na qualidade das águas dos rios?

11) Você sabe como a drenagem urbana pode interferir na qualidade dos sedimentos levados para os rios?

12) Você sabe o que o Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.025 de julho de 2020) prevê para a drenagem urbana?

A etapa seguinte das três primeiras oficinas foi a aplicação do conhecimento com aula expositiva. A primeira oficina apresentou os conceitos gerais de Drenagem e Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas, a segunda, terceira, oficinas abordaram os aspectos técnicos de operação e manutenção das técnicas Drenagem e Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas com estudo dirigido/dinâmica.

Na quarta e quinta oficinas foi elaborado um modelo in loco.

A segunda rodada foi composta pelas sexta e sétima oficinas.

A sexta oficina apresentou os principais conceitos e técnicas de drenagem sustentável fazendo uma explanação, para técnicos da prefeitura e da sociedade civil sobre a importância do projeto de drenagem sustentável para controle de carga na fonte

Já a sétima oficina demonstrou a metodologia do projeto e a importância da drenagem sustentável para os secretários do município de São Jose dos Campos.

A terceira rodada, composta pelas oficinas 8, 9 e 10 o tema foi o monitoramento.

2 CONTEUDOS, METODOLOGIA E PUBLICO DAS OFICINAS

2.1 Oficina 1 Drenagem Sustentável

A oficina 1 iniciou apresentando o Marco Legal do Saneamento e posteriormente demonstrou as características da drenagem e manejo das águas pluviais urbanas que são:

- Transporte,
- Detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias,
- Tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas,
- Limpeza e a fiscalização preventiva das redes.

A Figura 1 e Figura 2 demonstram a interação entre os manejo de aguas pluviais e o saneamento básico.

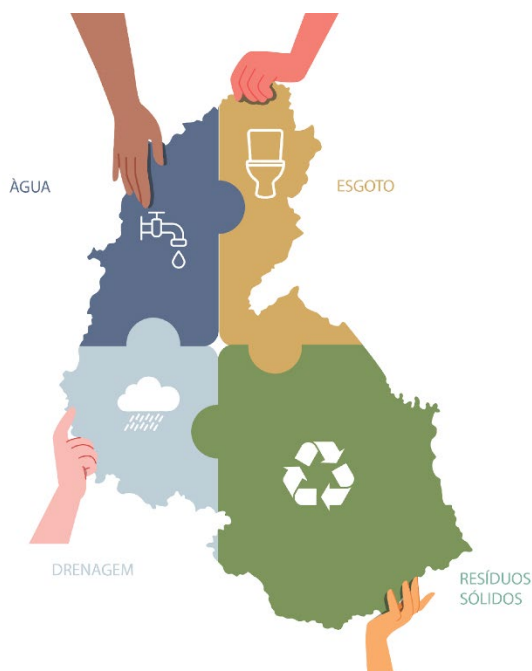


Figura 1 Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas
Fonte: USP 2023

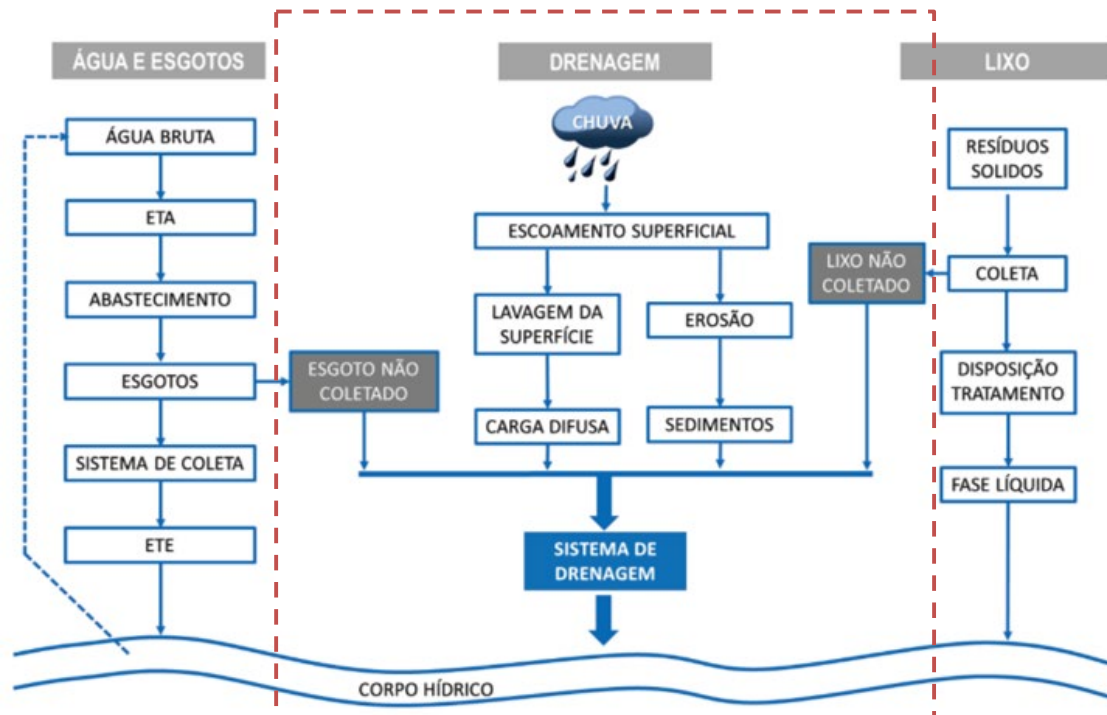


Figura 2 Interação entre a Drenagem, água e esgoto e lixo.
Fonte: ADASA, 2018

No decorrer do desenvolvimento da Oficina foram apresentadas as fases da drenagem urbana, conforme demonstra a Figura 3 que são (Christofidis et al., 2019):

- Pré Higienista: fase até o início do século XX caracterizada pelo lançamento do esgoto em fossas, drenagem e o corpos d'água sem tratamento;
- Higienista: Fase antes da década de 1970, que visava o transporte de esgoto para fora da cidade e o rápido escoamento através de canalizações para evitar inundações;
- Corretiva: Fase entre as décadas de 1970 e 1990 que buscava o tratamento de esgoto doméstico e industrial e o amortecimento do escoamento;
- Desenvolvimento Sustentável: Fase pós-década de 1990 que visava no tratamento terciário e do escoamento pluvial com foco na preservação dos sistemas naturais.

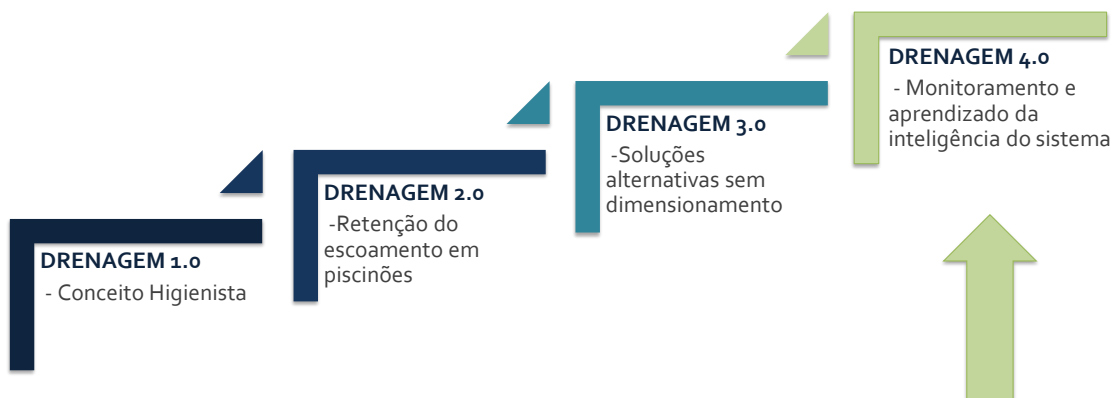


Figura 3 Evolução da Drenagem
Fonte: USP, 2023

Levantou-se questões como as consequências do Processo de urbanização na drenagem urbana, demonstrada na Figura 4, como a:

- Impermeabilização urbana;
- Redução de cobertura vegetal;
- Ocupação de áreas inundáveis;
- Canalização e cobertura de corpos hídricos.

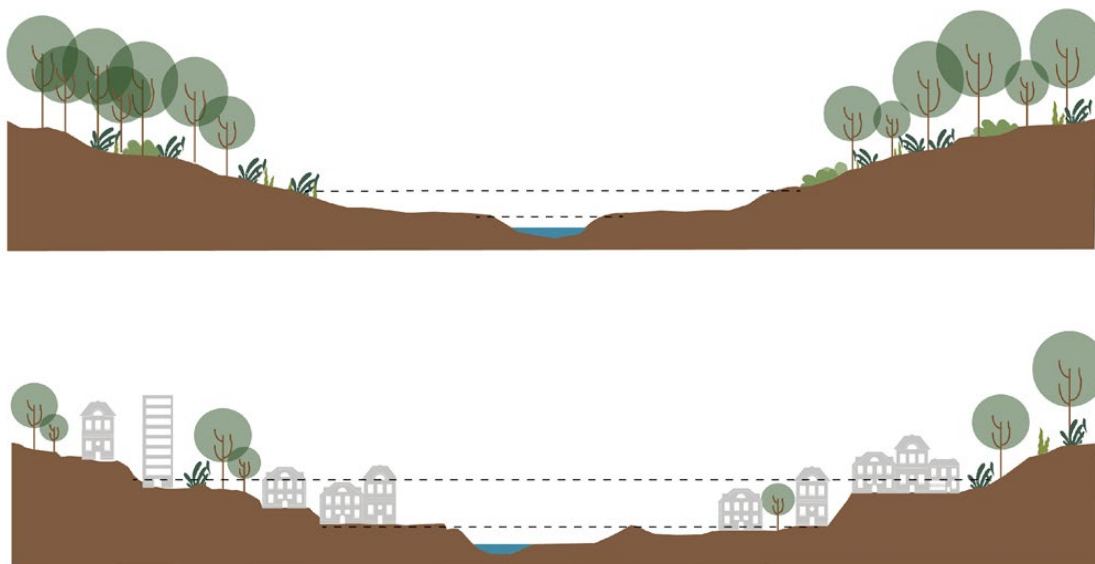


Figura 4 Diferença entre os limites de inundações antes e após o processo de urbanização
FONTE: (Schuler , 1987) adaptado por USP, 2023

Foram apresentados efeito da urbanização, como:

- Maior volume de escoamento superficial;
- Velocidade de escoamento de águas pluviais;

- Aumento da temperatura;
- Redução da qualidade das águas;
- Menor taxa de infiltração de águas;
- Mais falhas no sistema de drenagem.

A Figura 5 demonstra o efeito da evapotranspiração, do escoamento superficial e da infiltração em duas realidades, uma em área sem urbanização e outra em área urbanizada.

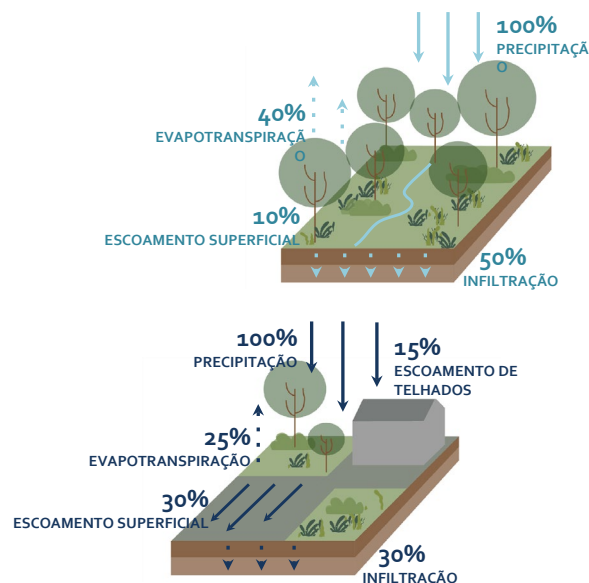


Figura 5 Efeito da Urbanização no Escoamento Superficial, Escoamento dos Telhados, Infiltração do Solo

FONTE: (Schuler , 1987) adaptado por USP, 2023

Apresentou, na aula expositiva, a diferença entre:

- Drenagem convencional: estruturas e sistemas construídos para rapidamente remover as águas pluviais das áreas urbanas; rápida evacuação da água e direcionamento da água pluvial para sistemas de coleta subterrâneos ou canais de drenagem; técnicas focadas apenas em quantidade, e não em qualidade;
- Drenagem sustentável onde prevalece: controle quantitativo e controle qualitativo, além de medidas estruturais adotadas juntamente com medidas não-estruturais. Demonstrou a necessidade da adoção do gerenciamento das águas descentralizado, do controle na fonte poluidoras; da retenção e retenção de águas pluviais; do retardo do escoamento superficial;

da necessidade de melhoria da qualidade das águas e como é imprescindível a adoção de técnicas híbridas de engenharia (verde e cinza).

A Figura 6 demonstrou um esquema com a diferença entre a drenagem convencional e a drenagem sustentável.

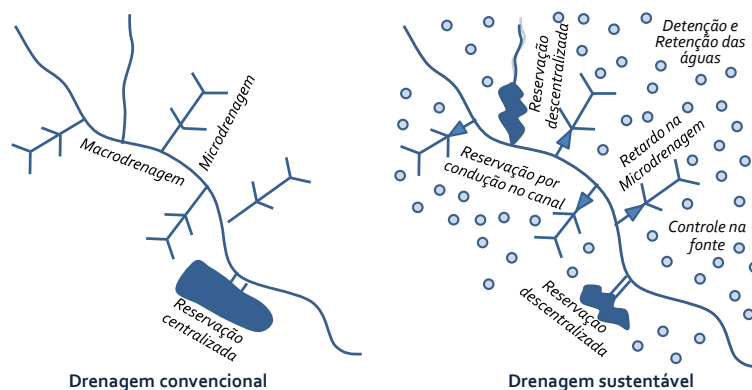


Figura 6 Diferença entre Drenagem Convencional e Drenagem Sustentável

Na oficina 1 foram apresentados conceitos de Macrodrenagem, Microdrenagem, fontes de poluição pontual e não pontual e a área de abrangência do presente estudo.

2.1.1 Macrodrenagem

O conceito é o gerenciamento das águas geralmente em áreas maiores, como cidades inteiras, bacias hidrográficas ou regiões geográficas extensas. Os sistemas de macrodrenagem envolvem estruturas e práticas destinadas a controlar o fluxo de águas pluviais em grandes áreas, prevenindo inundações, minimizando a erosão do solo e protegendo a qualidade da água .

Os equipamentos e ferramentas de Macrodrenagem são:

- 1) Canais: que são estruturas artificiais que permitem o fluxo controlado de água ao longo de uma rota específica, direcionando e transportando grandes volumes de águas pluviais, evitando enchentes e permitindo o escoamento eficiente em áreas urbanas e podem ter o regime livre ou forçado. A Figura 7 demonstra o canal do Córrego Vidoca em São José dos Campos;

- 2) Barragens: são estruturas construídas em rios, córregos ou outros cursos de água para represar a água e criar reservatórios. A macrodrenagem, podem ser usadas para regular o fluxo de águas pluviais, controlar o nível da água e reduzir o risco de enchentes. Podem servir para aproveitamento múltiplo da água, aproveitamento energético, navegação, recreação, dentre outros.
- 3) Planejamento Urbano e Zoneamento: é a organização e desenvolvimento da cidade otimizando uso do solo, infraestrutura e recursos. O zoneamento é parte do planejamento urbano, na qual áreas são divididas em zonas com diferentes usos permitidos. Um planejamento urbano bem executado e um zoneamento adequado podem contribuir para uma gestão eficaz das águas pluviais, evitando impactos negativos.
- 4) Alerta e Monitoramento: ferramentas essenciais na macrodrenagem para acompanhar as condições climáticas, níveis de água e outros parâmetros hidrológicos. Permitem a detecção antecipada de situações de risco, como chuvas intensas que podem levar a enchentes, ajudando a tomar medidas de resposta rápida, como abertura de comportas, acionamento de bombas ou evacuação de locais de risco, minimizando danos e impactos. A Figura 8 demonstra a estação pluviométrica instalada no córrego Senhorinha.



Figura 7 Córrego do Vidoca – SJC
Fonte: PMSJC,2022.



Figura 8 Estação pluviométrica instalada no córrego Senhorinha
Fonte: FCTH,2023

Os problemas causados com uma macrodrenagem mal executada são:

- 1) Erosão: processo pelo qual o solo é desgastado e removido pela ação da água, vento ou outros agentes naturais. Na macrodrenagem urbana, a erosão pode ocorrer devido ao escoamento superficial de águas pluviais em áreas urbanas mal planejadas ou desprotegidas. O aumento da impermeabilização reduz a capacidade do solo de absorver a água, aumentando o escoamento superficial e a velocidade da água, o que pode levar à erosão das margens de rios, riachos, canais e valas. A erosão resultante pode causar o desgaste de margens, destruição de habitats naturais e contribuir para a contaminação da água
- 2) Assoreamento: é o acúmulo progressivo de sedimentos (areia, argila, cascalho e outros materiais) nos corpos d'água, como rios, córregos, lagos e reservatórios. Pode ocorrer devido à erosão do solo nas áreas circundantes ou devido a atividades humanas, como construções e desmatamentos. Na macrodrenagem urbana, o assoreamento é agravado pela falta de práticas de conservação do solo e pelo manejo inadequado das águas pluviais. Tal fenômeno reduz a capacidade de armazenamento de água, pode causar enchentes e comprometer a qualidade da água.
- 3) Inundações e enchentes: são cheias excepcionais que fazem com que os corpos d'água extravasem, ocupando áreas maiores, formando os chamados leitos maiores. Alguns fatores podem agravar inundações em ambientes urbanos, tais como: Impermeabilização do solo; falta de

planejamento urbano; Ocupação das áreas marginais e morros; Grande produção de sedimentos; Falta de coleta adequada de lixo; Drenagem mal projetada ou com problemas de execução. Salienta-se que enchentes são eventos de inundação mais intensos e podem causar danos significativos a áreas urbanas e rurais.

2.1.2 Microdrenagem

Entende-se como microdrenagem o sistema de condutos que coletam e conduzem a água pluvial apenas de redes primárias de drenagem municipal, como ruas e loteamentos, entre as ferramentas estão:

- Guia (meio-fio): borda elevada que delimita a calçada em relação à rua demonstrada na Figura 9;
- Sarjeta: canal estreito localizado junto ao meio-fio, ao longo da rua, que coleta e direciona a água da chuva para a boca de lobo;
- Boca-de-lobo (BL): estrutura geralmente instalada na interseção entre a sarjeta e a rua. Serve para coletar a água da chuva, permitindo seu escoamento para a rede subterrânea de drenagem, conforme Figura 10;
- Tubos de ligações: condutos subterrâneos que conectam as bocas-de-lobo e outras estruturas de captação à rede de galerias pluviais, demonstrado na Figura 11.
- Poço de visita: estrutura subterrânea com tampa removível que fornece acesso a tubulações e dutos subterrâneos para inspeção, manutenção e limpeza.

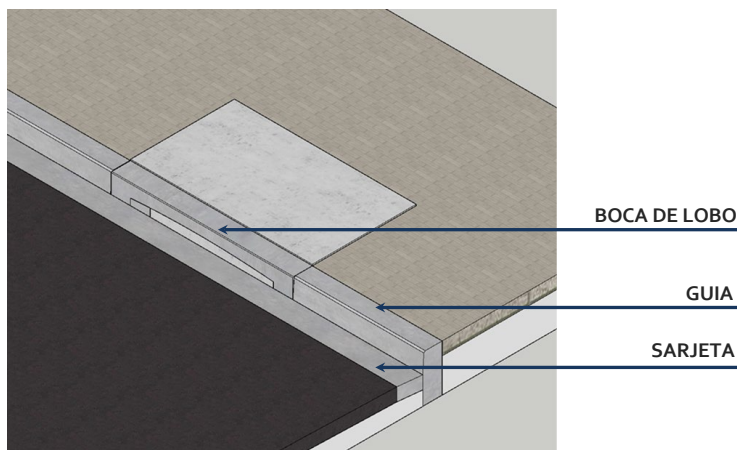


Figura 9 Demonstração de Boca de Lobo, Guia e Sarjeta
Fonte: USP, 2023

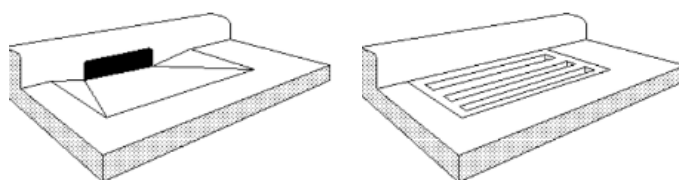


Figura 10 Boca de Lobo com e sem grade
Fonte: USP, 2023.

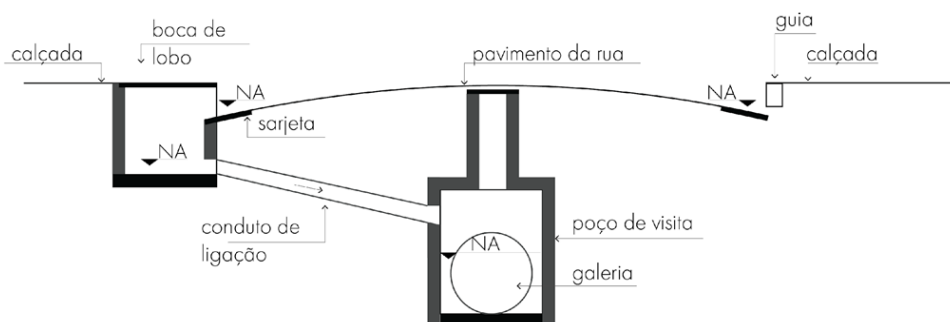


Figura 11 Sistema de tubos e ligações
Fonte: USP, 2023.

As galerias pluviais, que fazem parte da microdrenagem, são estrutura subterrânea que consiste em um canal ou tubulação projetada para coletar grandes volumes de água. Direcionam as águas de chuva para áreas de descarga, como rios ou reservatórios.

Entende-se como Área de contribuição a área da qual a água da chuva flui para um determinado ponto de drenagem. Essa área é fundamental para o projeto e dimensionamento adequado dos sistemas de microdrenagem.

A Figura 12 demonstra a diferença entre a micro e a macrodrenagem por meio de um esquema.

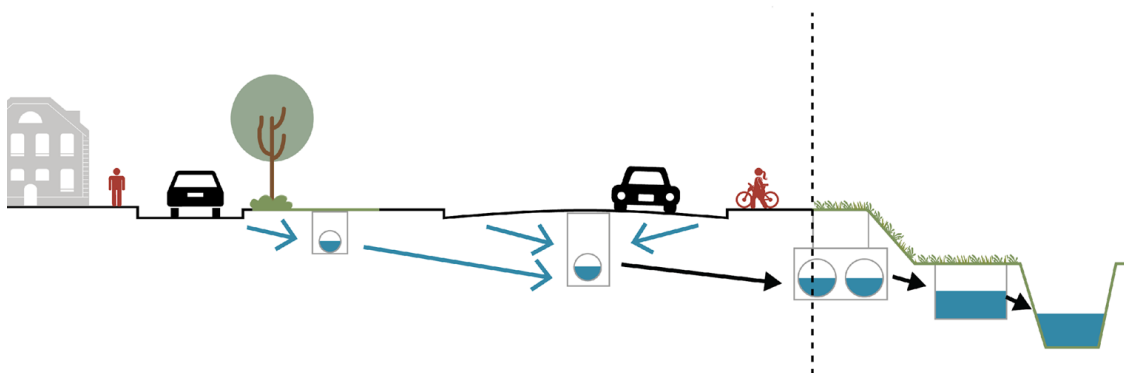


Figura 12 Demonstração de Micro e Macrodrenagem.
Fonte: USP, 2023

2.1.3 Fonte de Poluição Pontual e Não Pontual

As fontes de poluição pontual são aquelas identificadas com facilidade e que também são individuais, como por exemplo: ligação de esgoto diretamente nos corpos d'água; remanescentes de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), emissões de esgoto industrial, vazamentos de tanques de armazenamento entre outros.

Já as fontes de poluição não pontual são aquelas que a origem não pode ser facilmente identificada como por exemplo: esgoto não coletado ligado à galerias de águas pluviais; cargas de deposição acumuladas nas superfícies; resíduos orgânicos; resíduos de óleos, graxas e combustíveis; - sedimentos e cargas acumulados nas superfícies; cargas acumulados em canais e galerias.

2.1.4 Bacias Hidrográficas estudadas

No final da oficina 1 foram apresentados os cursos d'água em estudo que são:

- Córrego Santa Hermínia está na sub-bacia do Rio Pararangaba, com 1,37 km de extensão e microbacia e área de contribuição de 1,42 km².
- Córrego Santa Júlia está na sub-bacia do Córrego Cambuí, com 1,35 km de extensão e microbacia e área de contribuição de 1,34 km².
- Córrego Senhorinha está na sub-bacia do Córrego Vidoca, com 6,10 km de extensão e microbacia e área de contribuição de 9,26.

2.1.5 Participantes da Oficina 1

Nessa primeira oficina estiveram presentes trinta e sete participantes, da secretaria de Urbanismo e Sustentabilidade, Gestão Habitacional de Obras, Mobilidade Urbana, funcionários da Urbanizadora Municipal S.A (URBAM) e pesquisadores FCTH/USP, a Figura 13 demonstra o percentual de participantes por secretaria.

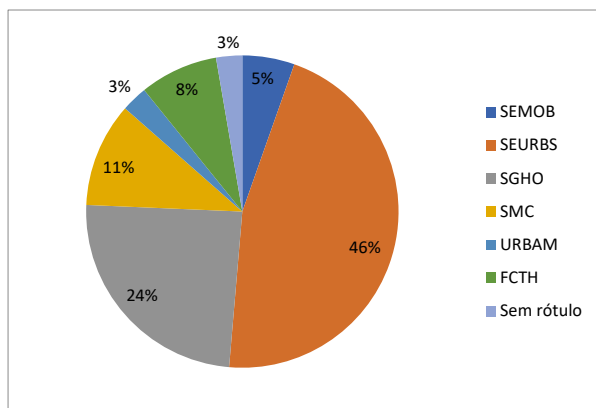


Figura 13 Percentual de Participantes da Oficina 1 por Secretaria e Entidade

O local de realização dessa oficina foi a Casa do Café.

2.1.6 Estudo Dirigido

No termino da apresentação teórica os participantes foram divididos em três grupos e fizeram uma dinâmica trabalhando com os seguintes temas e questões:

1) Drenagem Convencional (DC), questões:

- Quais os problemas da implantação da DC?
- Quais os problemas da operação da DC?
- Mencione problemas solucionadas pela DC.
- Mencione problemas não solucionadas pela DC.

2) Drenagem Sustentável (DS), questões:

- Quais os problemas da implantação da DS?
- Quais os problemas da operação da DS?

- Mencione problemas solucionadas pela DS.
- Mencione problemas não solucionadas pela DS.

3) Entendimento Socioeconômico e Ambiental da Sociedade, questões:

- Os munícipes conhecem sistema de Drenagem? Sabem quem são os responsáveis? Sabem os papéis que eles representam no processo de drenagem?
- Os munícipes tem ideia dos custos? Sabem quem paga o sistema de drenagem?
- Os munícipes sabem como a poluição de lavagem comprometem a qualidade da água?

As fotos da Figura 14 demonstram o momento da aula expositiva e da dinâmica desenvolvida, onde os participantes indicaram as principais informações que possuem sobre drenagem sustentável, relação das questões socioeconômicas e a drenagem convencional.



Figura 14 Fotos da oficina 1

O resultado desse estudo dirigido foi apresentado e discutido na Oficina 3.

2.2 Oficina 2 Dispositivos de Drenagem Sustentável

A oficina iniciou-se com a apresentação da área de abrangência do estudo e os dados de qualidade da água que são coletados e analisados.

Foram demonstradas as técnicas de coleta de amostras, conforme demonstra a

Figura 15 e as estruturas que foram colocadas nas Bocas de Lobo e as garradas Navas Figura 16.

A Figura 17 demonstra os dispositivos de coleta de amostra de água nas BLs.



Figura 15 Método de coleta de amostras d'água nos corpos hídricos estudados



Figura 16 Coletas de água por meio de garrafas NAVA



Figura 17 Coletas de água dentro da boca de lobo, para posterior análise em laboratório

2.2.1 Escala de Projeto

Na aula expositiva foram apresentadas as escalas de projetos que iniciaram em lotes, passando por bairros, posteriormente vale ou várzea e terminando em Bacia Hidrográfica, conforme demonstrado na Figura 18.

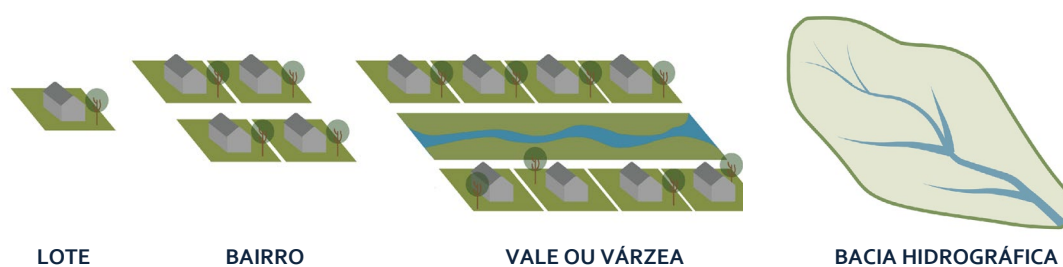


Figura 18 Escala de Projetos de Drenagem, de lotes a bacias hidrográficas

As possibilidades de projeto descritas e as variáveis ambientais que podem beneficiar com a adoção das técnicas foram:

- Telhado verde, benefícios: retenção, retardo e tratamento da água;
- Jardim Vertical: benefícios: retenção, retardo e tratamento da água;

- Jardim de chuva benefícios: retenção, retardo, tratamento da água e melhoria da infiltração.

Na escala de Bairros (ruas, avenidas e calçadas) as possibilidades de projeto são:

- Biovaleta e jardim de chuva, benefícios: retenção, retardo e tratamento da água;
- Piso permeável, benefícios: retenção, retardo da passagem da água;
- Poço de infiltração, benefícios: retenção, retardo, tratamento da água e melhoria da infiltração.

A Figura 19 e Figura 20 apresentam os desenhos com as possibilidades de escala de projetos e seus benefícios.

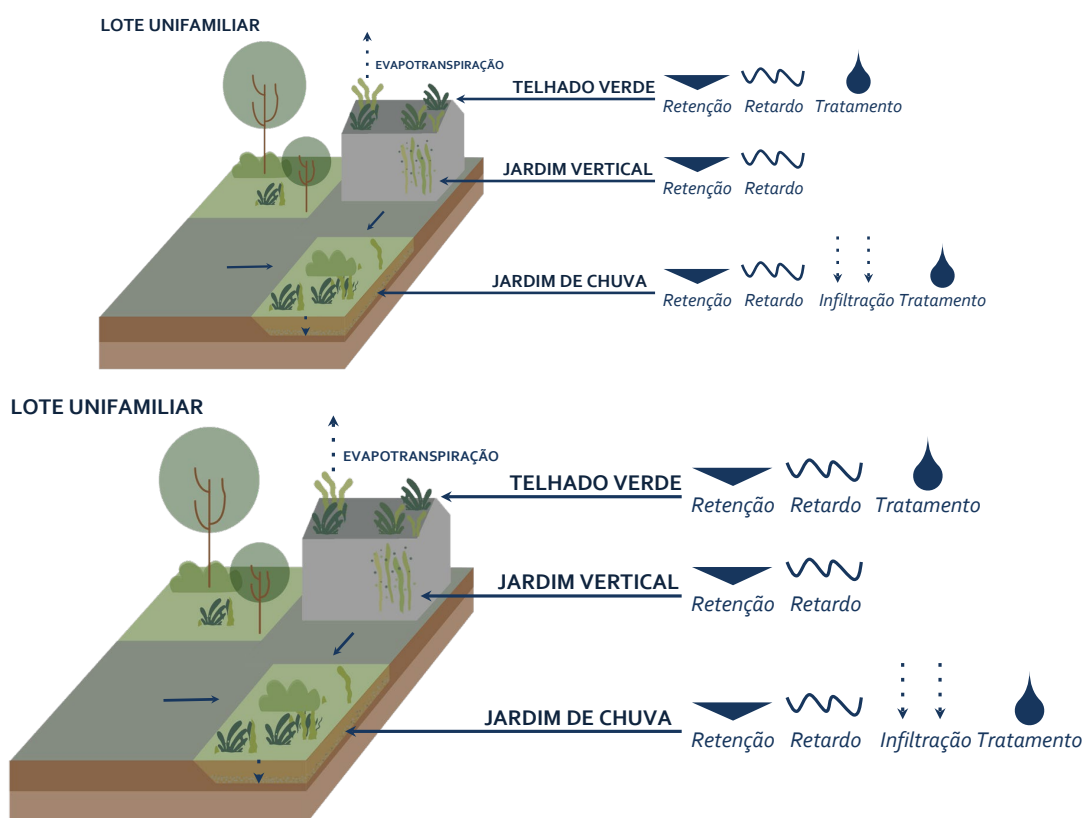


Figura 19 Variáveis que devem ser levadas em consideração em projetos de DS em Lote Unifamiliar

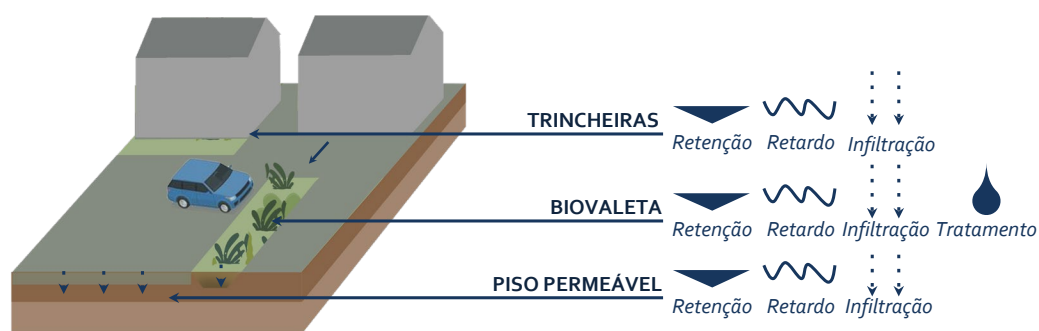


Figura 20 Variáveis que devem ser levadas em consideração em projetos de DS em Lote múltiplo, comercial e industrial
Na escala de várzea deve-se levar em consideração a bacia de sedimentação, a zona de amortecimento da vazão de pico e o sistema de biorretenção, conforme demonstra a Figura 21



Figura 21 Variáveis que devem ser levadas em consideração em projetos de DS em Escala de Bairro
Na escala da microbacia, Figura 22, deve-se levar em consideração as áreas verdes em lotes e edificações, o número de parques urbanos e as áreas urbanas com possibilidade de intervenção.

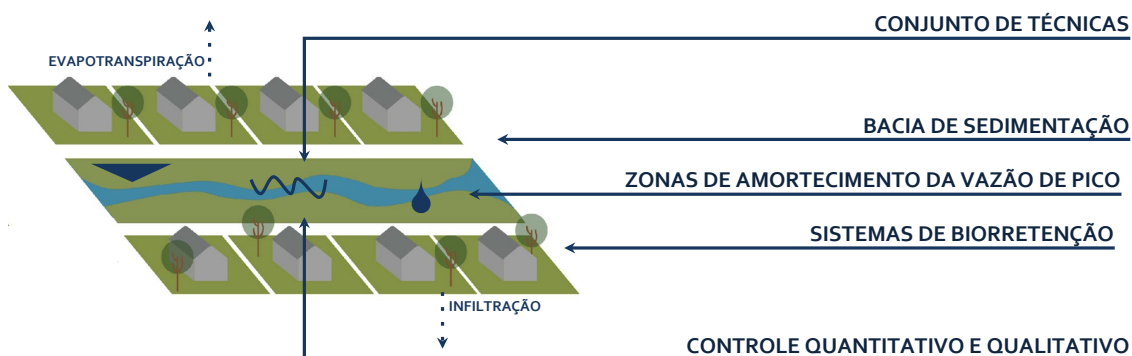


Figura 22 Variáveis que devem ser levadas em consideração em projetos de DS em Escala de Várzea

2.2.2 Tecnologia aplicáveis a quantidade

As tecnologias aplicáveis a quantidade apresentadas na oficina 2 foram:

1) Poço de Infiltração, características:

- Pequenos poços que armazenam as águas pluviais e permitem uma infiltração lenta;
- São implantados em solos permeáveis ou onde a camada mais profunda apresenta permeabilidade;
- São preenchidos com algum material granular poroso e suas paredes são envoltas por geotêxtil ou algum solo granular evitando o entupimento.

2) Trincheira de Infiltração, demonstrada na , características:

- Distribuição linear, são mais rasas e distribuem melhor a infiltração;
- Preenchidas total ou parcialmente com material granular e revestimento geotêxtil;
- Podem ter um revestimento vegetal no entorno das trincheiras.

3) Piso Permeável, demonstrada na Figura 23, características:

- Permitem a percolação da água através de superfícies rígidas;
- Redução da vazão de escoamento;
- Tratamento da água da chuva por meio dos processos naturais de filtração, adsorção, biodegradação e sedimentação.



Figura 23 Pavimento permeável no CTH-USP.

4) Telhado verde, características:

- Telhados tratados com uma cobertura vegetal;
- Contribuem com a retenção e capacidade de filtrar poluentes e redução de temperaturas;
- Extensivos ou intensivos.

5) Jardim de Chuva, demonstrado na Figura 24 e as etapas construtivas foram demonstradas na Figura 25, características:

- Depressões no solo preenchidas com uma mistura de solos arenosos com compostagem ou misturas específicas de solo e com uma camada drenante;
- Vegetação que contribuem com a capacidade de filtrar poluentes e evitar erosão e compactação do solo;
- Diferentes tipologias de implantação (Linear, esquinas, vagas verdes).



Figura 24 Jardim de Chuva



Figura 25 Etapas construtivas do Jardim de chuva CEPE-USP

6) Biovaleta, demonstrada na Figura 26, características:

- Valetas de biorretenção de desenho linear, preenchidas com solo e vegetação;
- Tratamento da água;
- Direciona o escoamento das águas pluviais para outros sistemas de retenção e/ou detenção.

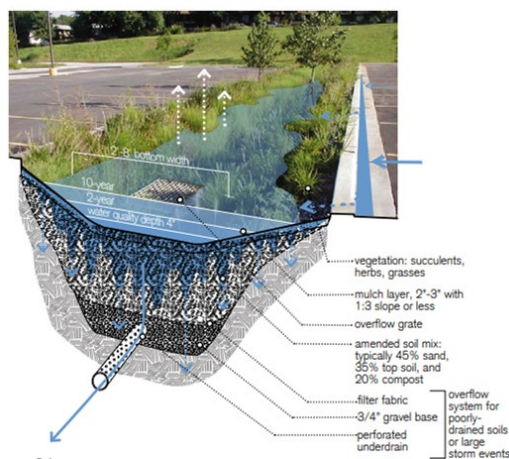


Figura 26 Esquema de uma biovaleta

Fonte: (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, 2023)

Os critérios que devem ser levados em conta em um projeto são: a escala, leitura da microbacia e elementos urbanos (microdrenagem, topografia, áreas verdes).

A taxa de aplicação dos métodos apresentados deve ser de 1m²/há.

Os métodos adotados podem ser replicados em várias áreas da cidade.

Após a explicação teórica foi realizada a dinâmica onde os participantes tiveram que apontar os principais problemas na adoção de técnicas de drenagem sustentável e quais as sugestões para minimizar os problemas.

2.2.3 Participantes da Oficina 2

Nessa segunda oficina estiveram presentes trinta e sete participantes da secretaria de Urbanismo e Sustentabilidade, Gestão Habitacional de Obras, Mobilidade Urbana, funcionários da Urbanizadora Municipal S.A (URBAM) e pesquisadores FCTH/USP, a Figura 27 demonstra o percentual de participantes por secretaria.

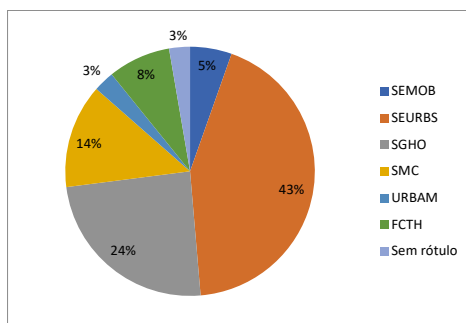


Figura 27 Percentual de Participantes da Oficina 2 por Secretaria e Entidade

O local de realização dessa oficina foi a Casa do Café.

As fotos da Figura 28 demonstram o momento da aula expositiva e da dinâmica

desenvolvida.



Figura 28 Fotos da aula expositiva e da dinâmica da oficina 2.

2.3 Oficina 3 Dispositivos de Drenagem Sustentável Resultados do Questionário aplicado antes do início das oficinas e das questões trabalhadas no estudo dirigido

Os resultados dos questionários apresentados na Figura 29 até a Figura 40 demonstra que os participantes possuíam conhecimento suficiente para acompanhar as aulas teóricas e pratica com boa produtividade, não havendo necessidade de revisar muitos conceitos.

As principais dúvidas foram: drenagem convencional; drenagem sustentável; poluição difusa e principalmente sobre o Marco Legal do Saneamento Básico Lei nº 14.026/2020, demonstrado na Figura 38.

Para sanar as dúvidas mais pontuais sobre o Marco Legal foi elaborada uma explanação sobre o assunto.

Você sabe o que é ciclo hidrológico?
30 respostas

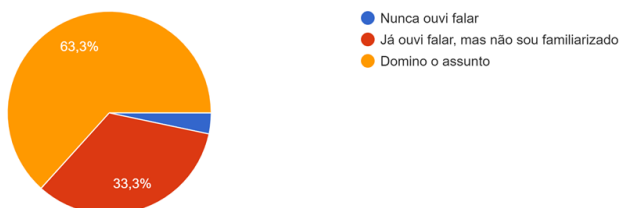


Figura 29 Ciclo Hidrológico

Você sabe o que é escoamento superficial?

30 respostas

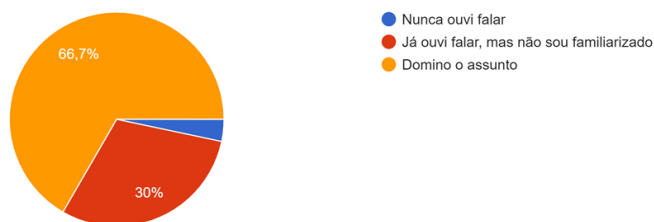


Figura 30 Escoamento Superficial

Você conhece o conceito de vazão?

30 respostas

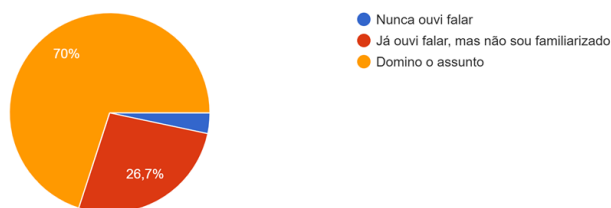


Figura 31 Vazão

Você sabe o que é microdrenagem e macrodrenagem?

30 respostas

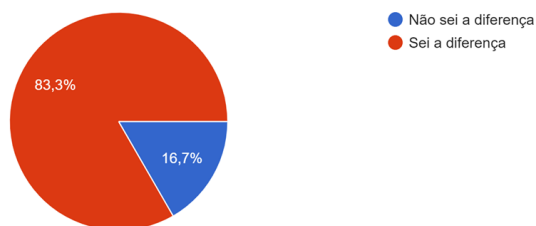


Figura 32 Microdrenagem e Macrodrenagem

Você conhece o conceito de drenagem urbana convencional? Ex.: Drenagem 1.0, drenagem 2.0, drenagem cinza, híbrida, canalização e etc

30 respostas

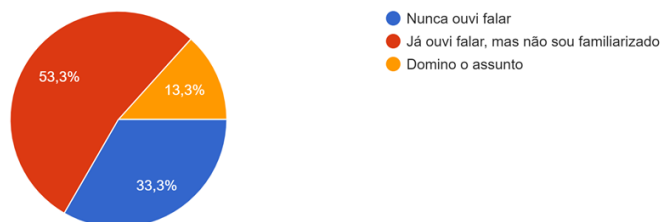


Figura 33 Drenagem Urbana Convencional

Você conhece o conceito de drenagem urbana sustentável. Ex. Drenagem 4.0, células de biorretenção, jardins de chuva, biovaletas, entre outras?

30 respostas

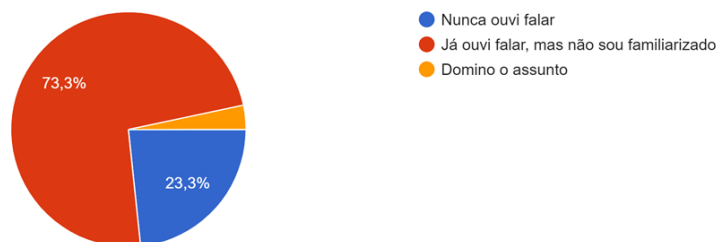


Figura 34 Drenagem Urbana Sustentável

Você sabe qual a diferença entre o controle das águas pluviais na fonte e o controle com uso de grandes reservatórios (piscinões)?

30 respostas

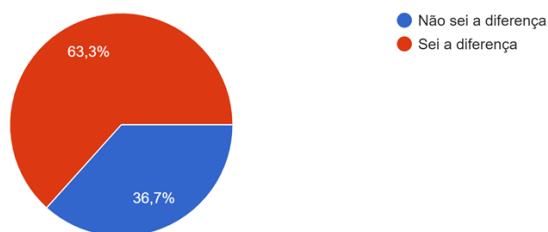


Figura 35 Impacto do controle das águas pluviais e o controle com uso de grandes reservatórios.

Você conhece o conceito de poluição pontual em corpos hídricos?

30 respostas

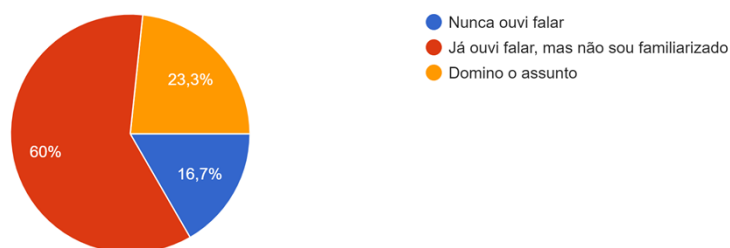


Figura 36 Poluição Pontual

Você sabe qual a diferença entre o controle das águas pluviais na fonte e o controle com uso de grandes reservatórios (piscinões)?

30 respostas

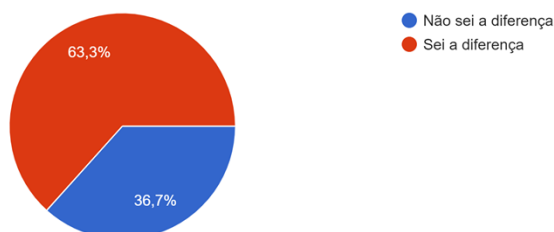


Figura 37 Diferença entre o controle de águas pluviais e o controle com uso em grandes reservatórios

Você conhece o conceito de poluição difusa em corpos hídricos?

30 respostas

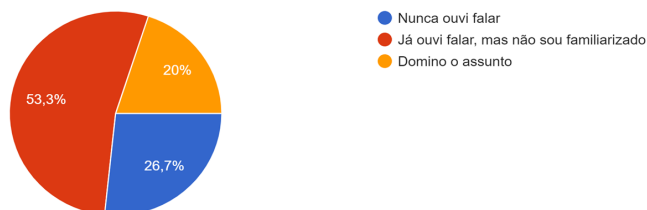


Figura 38 Poluição Difusa

Você sabe como a drenagem urbana pode interferir na qualidade das águas dos rios?

30 respostas

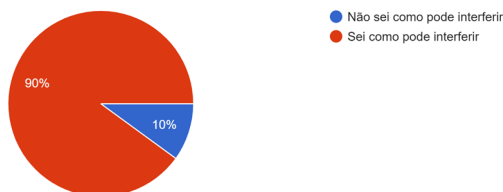


Figura 39 Drenagem Urbana e interferência na qualidade das águas

Você sabe o que o Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020) prevê para a drenagem urbana?

30 respostas

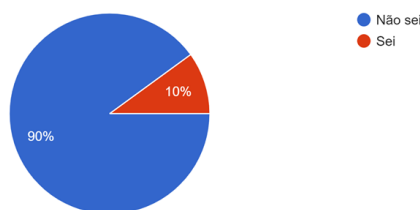


Figura 40 Marco Legal do Saneamento

Como mencionado no descritivo da metodologia da oficina 1, os participantes foram divididos em três grandes grupos que participaram das três rodadas da dinâmica aplicada no estudo dirigido, ou seja, todos os participantes discutiram as questões sobre drenagem convencional, drenagem sustentável e sobre as questões socioeconômicas.

Os problemas apresentados pelos participantes com relação à drenagem convencional e drenagem sustentáveis foram divididos nos quatro grupos a seguir:

- Institucional;
- Tecnológico;

- Socioeconômico;
- Ambiental.

As Figura 41 até a Figura 51 demonstram os resultados da dinâmica com relação a drenagem convencional e sustentável, segundo a ótica dos profissionais da prefeitura que fizeram as oficinas.

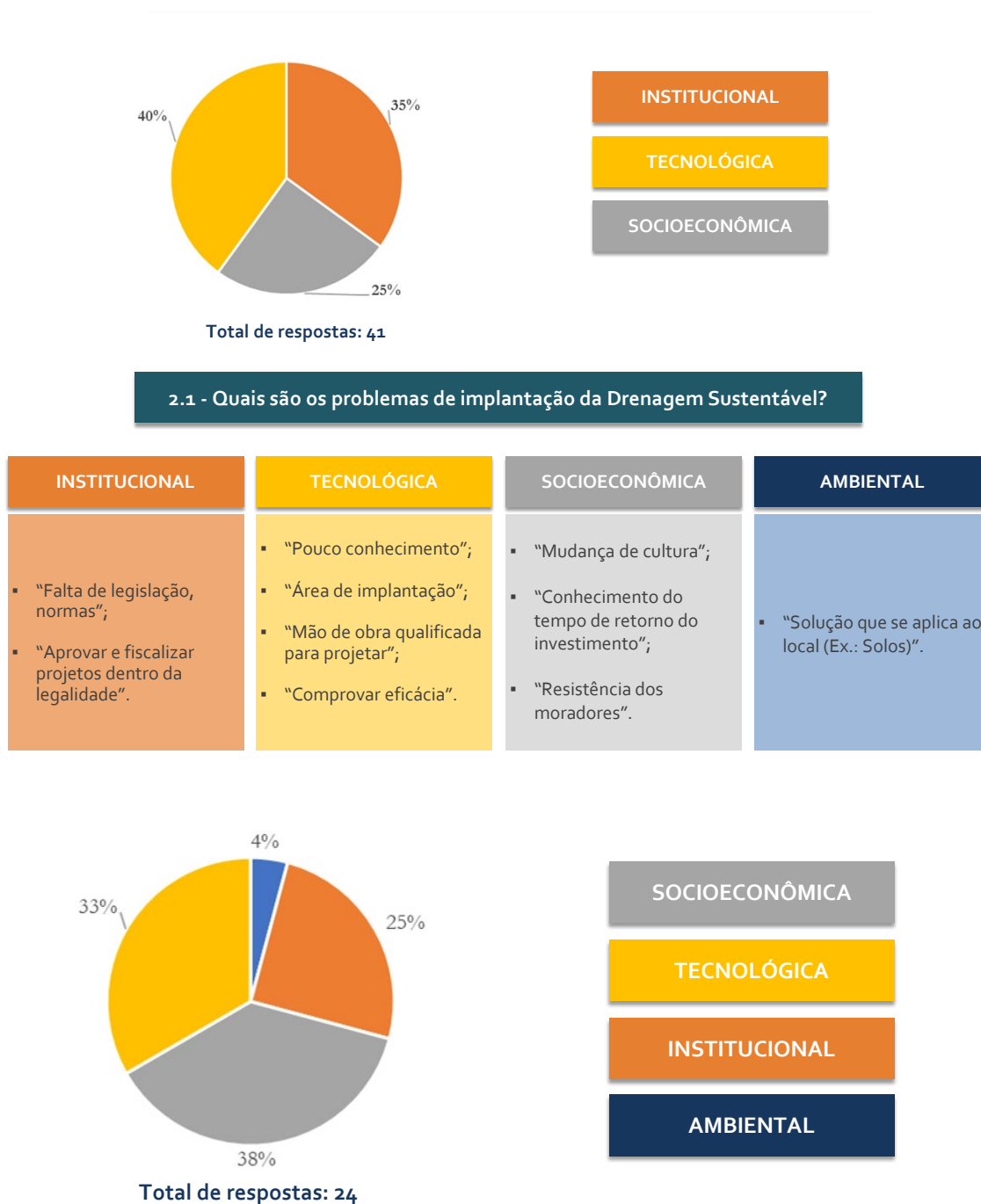
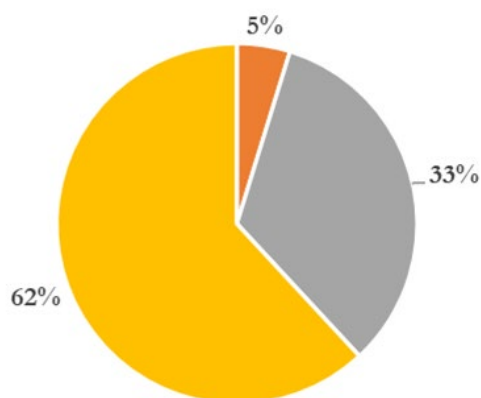


Figura 41 Problemas na Implantação da Drenagem Sustentável

2.2 - Quais são os problemas de operação da Drenagem Sustentável?

INSTITUCIONAL	TECNOLÓGICA	SOCIOECONÔMICA	AMBIENTAL
“Responsabilidade da manutenção dentro das divisões da Prefeitura”.	“A necessidade de manutenção não fica à vista”; “Manutenção em mais locais”; “Mão de obra qualificada”.	“Quantificar custos e tempo de retorno do investimento”; “Mudança de visão: educação e depredação”; “Apropriação da população e descaracterização”.	“Danificar estruturas existentes ou gerar doenças”.



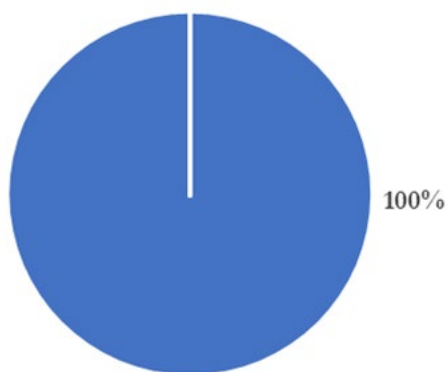
Total de respostas: 21

Figura 42 Problemas na Operação da Drenagem Sustentável

1.3 - Mencione problemas solucionados pela Drenagem Convencional

AMBIENTAL

- "Controle hidráulico";
- "Redução de risco";
- "Resolve inundações";
- "Retirada das águas superficiais".



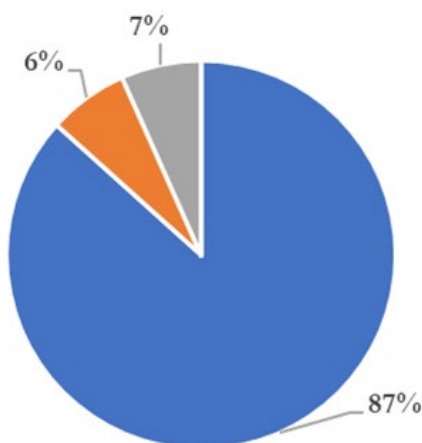
AMBIENTAL

Total de respostas: 05

Figura 43 Problemas Solucionados pela DC

2.3 - Mencione problemas solucionados pela Drenagem Sustentável

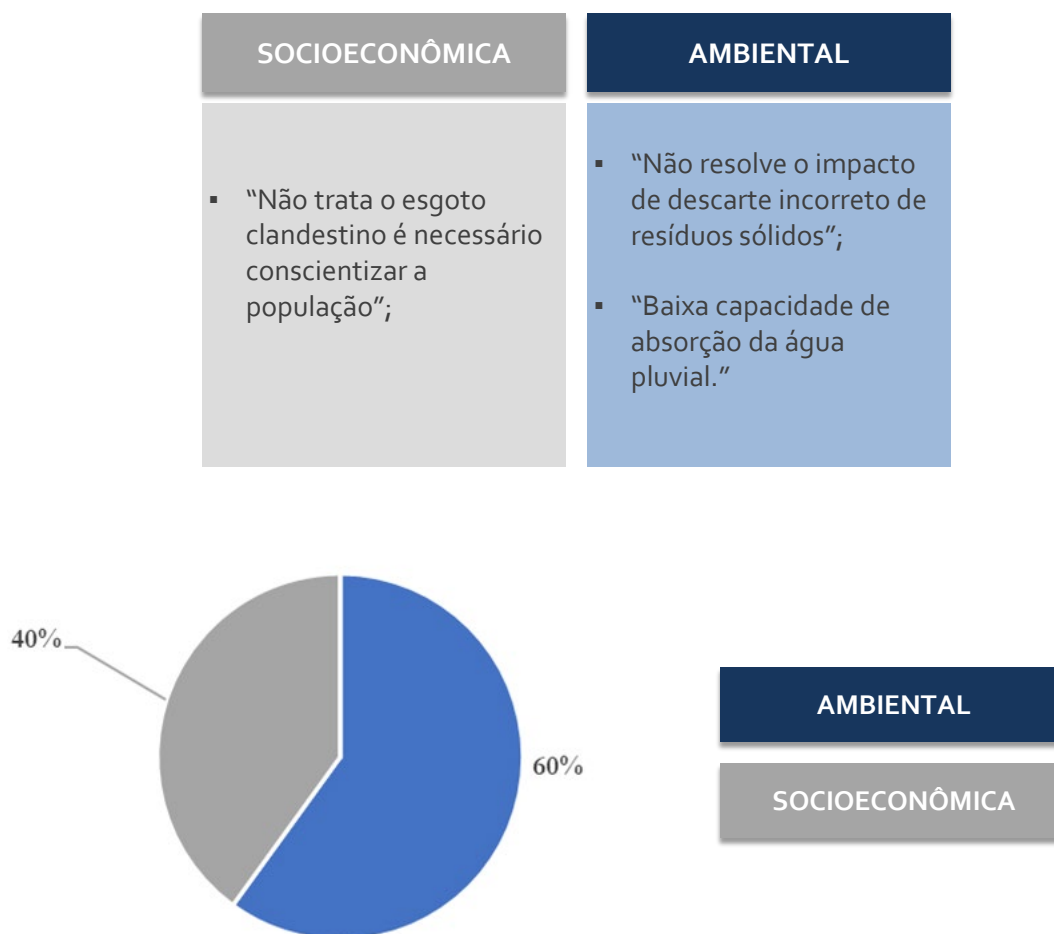
INSTITUCIONAL	SOCIOECONÔMICA	AMBIENTAL
“São José dos Campos pode tornar-se uma cidade mais tecnológica e verde”.	“Estimula a população a contribuir com o meio ambiente”;	“Infiltração das águas”; “Redução do volume de águas pluviais”; “Preserva a paisagem natural”; “Melhoria na qualidade da água e do ar”.



Total de respostas: 15

Figura 44 Problemas Solucionados pela DS

2.4 - Mencione problemas não solucionados pela Drenagem Sustentável



Total de respostas: 05

Figura 45 Problemas Não Solucionados pela DS

No intervalo entre a Figura 46 até Figura 49 foi trabalhado a percepção dos participantes das oficinas com relação ao papel dos munícipes nos sistemas de drenagem.

3.3 - Os munícipes sabem como a poluição de lavagem compromete a qualidade da água (independente do despejo de esgoto)?

AMBIENTAL
“A maioria da população não tem conhecimento em relação à poluição difusa”; “Associam poluição apenas com os resíduos sólidos descartados irregularmente.”

Figura 46 Munícipes conhecem a relação da poluição de Lavagem e a qualidade da água

3.1 - Os municípios conhecem o sistema de drenagem? Sabem quem são os responsáveis pelo sistema de drenagem e o seu papel diante dos processo de drenagem?

INSTITUCIONAL	TECNOLÓGICA	SOCIOECONÔMICA
“Os municípios entendem que o problema é do Poder Público”.	A população possui conhecimento superficial, conhece boca de lobo e bueiros, mas não todo o sistema e seu funcionamento.”	“O papel muitas vezes não é cumprido e não há educação sobre os problemas que podem ser gerados”; “Poucos tem interesse ou podem investir em soluções sustentáveis”.

Figura 47 O papel dos municípios no sistema de Drenagem

3.2 Os municípios têm ideia dos custos de drenagem? Sabem quem paga o sistema? Sabem o custo de obras e manutenção? Têm noção do prejuízo causado por despejo de resíduos e esgoto no sistema?

SOCIOECONÔMICA
“A maioria da população não tem ideia dos custos e de qual é a sua contribuição”; - O empreendedor entende dos custos, porém pode haver desinteresse”.

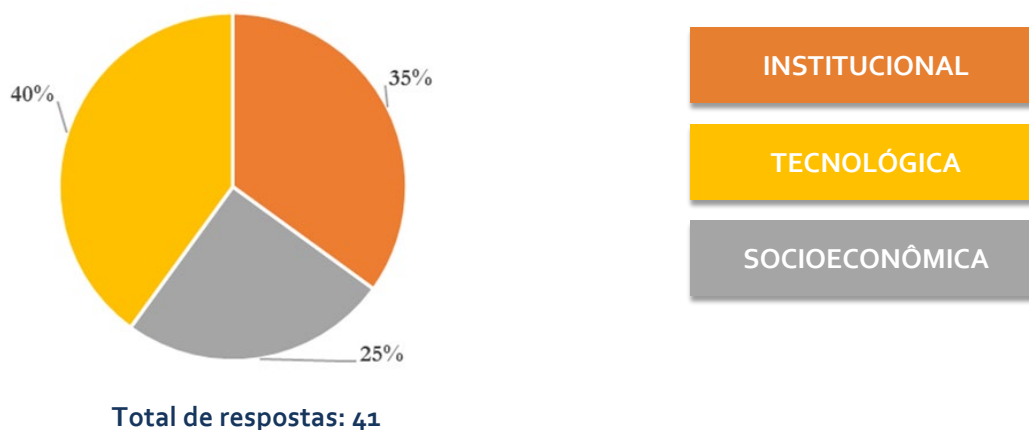
Figura 48 Os municípios conhecem os custos do Sistema de Drenagem

3.3 - Os municípios sabem como a poluição de lavagem compromete a qualidade da água (independente do despejo de esgoto)?

AMBIENTAL
“A maioria da população não tem conhecimento em relação à poluição difusa”; “Associam poluição apenas com os resíduos sólidos descartados irregularmente.”

Figura 49 Os municípios conhecem como a poluição de lavagem compromete a qualidade da água

O estudo dirigido/dinâmica da Oficina 2 solicitou aos participantes que mencionassem os problemas que regularmente eles percebem na drenagem convencional e sustentável e as possíveis soluções para os problemas encontrados. Os resultados podem ser observados Figura 50 e Figura 51.



Dinâmica final - Problemas encontrados

INSTITUCIONAL	TECNOLÓGICA	SOCIOECONÔMICA
▪ "É necessário que esta matéria seja política de governo"; ▪ Inserir tema em normas estabelecidas"; ▪ "Participação de outras instituições como Sabesp, CETESB".	▪ "Interferências com redes: esgoto, comunicação, elétrica"; ▪ "Necessidade de manual construtivo e de vegetação"; ▪ "Disputa pelo espaço nas zonas urbanas".	▪ "Dificuldade e custos de manutenção/limpeza"; ▪ "Conscientização dos munícipes".

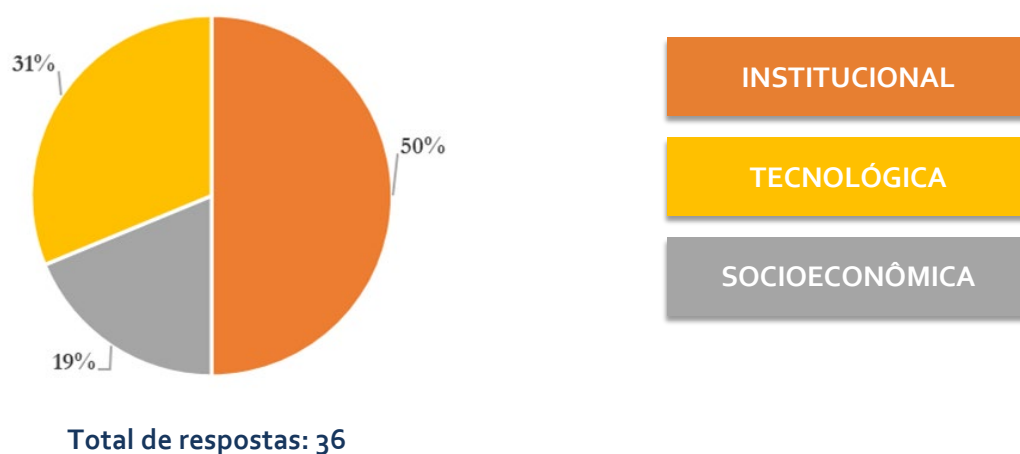


Figura 50 Problemas Encontrados na DS e na DC

Dinâmica final - Sugestões

INSTITUCIONAL	TECNOLÓGICA	SOCIOECONÔMICA
▪ "Incentivos fiscais do município junto aos munícipes para a instalação de pontos de drenagem sustentável em suas residências"; ▪ Aproveitar áreas públicas. Ex.: escolas, prefeitura, áreas verdes".	▪ "Necessidade de parceria com institutos de pesquisa até desenvolver o know how"; ▪ "Oportunidades para implementação Ex.: jardim de chuva no seu lote.	▪ "Sensibilizar a sociedade sobre a importância da aplicação destas tecnologias".

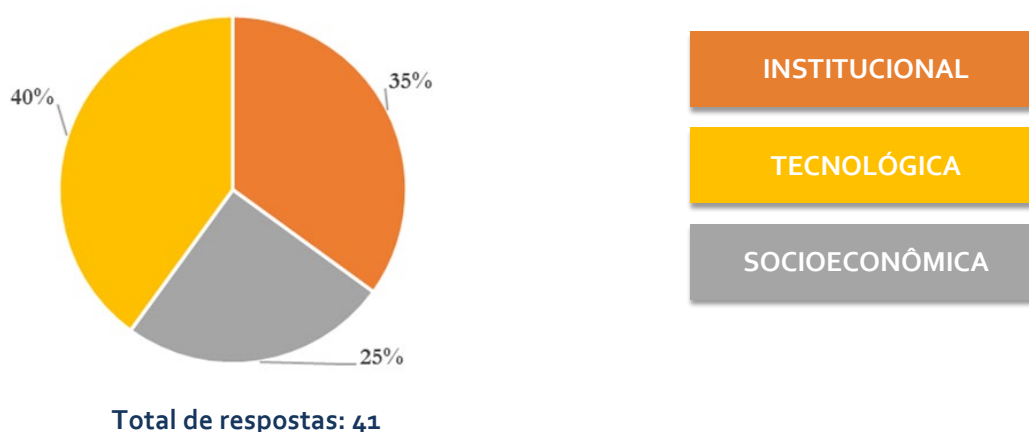


Figura 51 Problemas Encontrados na DS e na DC

2.3.1 Participantes da Oficina 3

Nessa terceira oficina estiveram presentes trinta e três participantes, da secretaria de Urbanismo e Sustentabilidade, Gestão Habitacional de Obras, Mobilidade Urbana, funcionários da Urbanizadora Municipal S.A (URBAM) e pesquisadores FCTH/USP, a Figura 52 demonstra o percentual de participantes por secretaria e entidade.

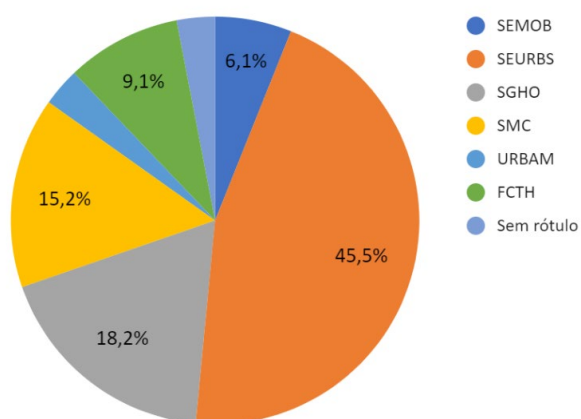


Figura 52 Percentual de Participantes da Oficina 3 por Secretaria e Entidade

O local de realização dessa oficina foi a Casa do Café.

A foto da Figura 53 demonstram a realização da oficina 3.



Figura 53 Foto da Oficina 3

2.4 Oficina 4 e 5 Dispositivos de Drenagem Sustentável

Iniciou-se os trabalhos com revisão dos principais conceitos de drenagem e da drenagem sustentável.

Posteriormente foi demonstrado o modelo de Jardim de chuva que foi construído no local com a ajuda dos participantes para que fosse realizado o experimento.

A sequência que inicia na Figura 54 e vai até a Figura 59 demonstra o passo a

passo da construção do modelo que foi aplicada em tempo real. Salienta-se que a lona plástica demonstrada na Figura 55 deve forrar toda a área do jardim, no caso do modelo uma das faces ficou sem forrar para ser possível observar as camadas do modelo.

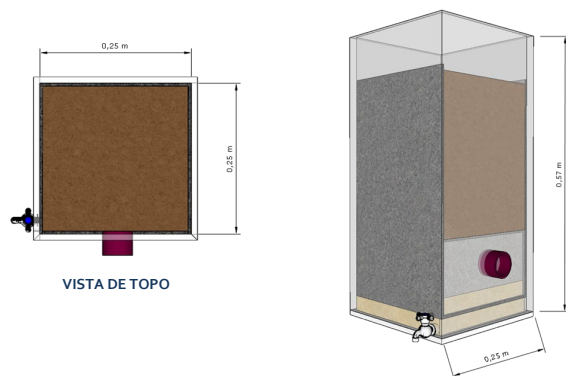


Figura 54 Modelo de Jardim de Chuva

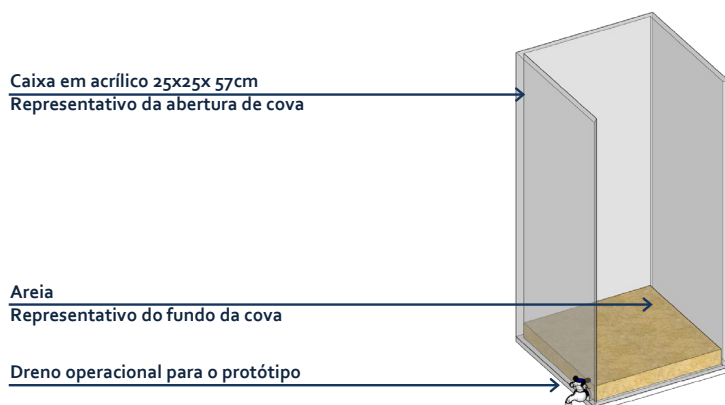


Figura 55 Etapa 1 do Processo Construtivo

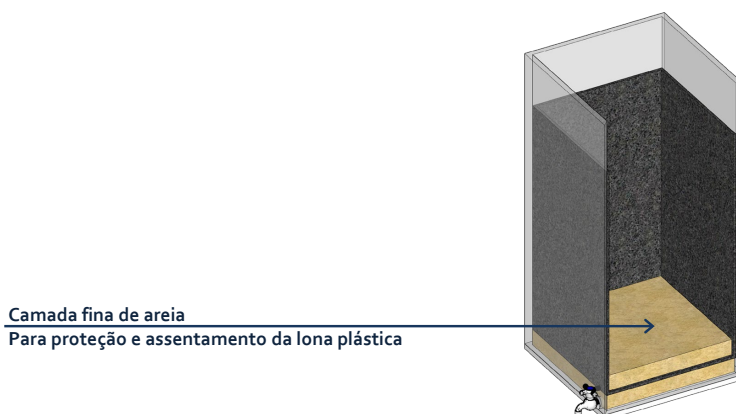


Figura 56 Etapa 2 do Processo Construtivo

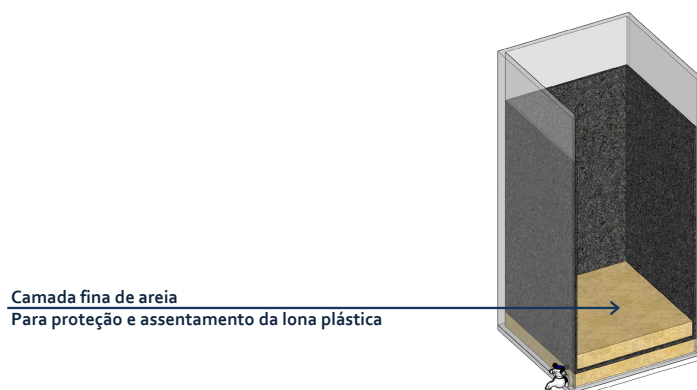


Figura 57 Etapa 3 do Processo Construtivo

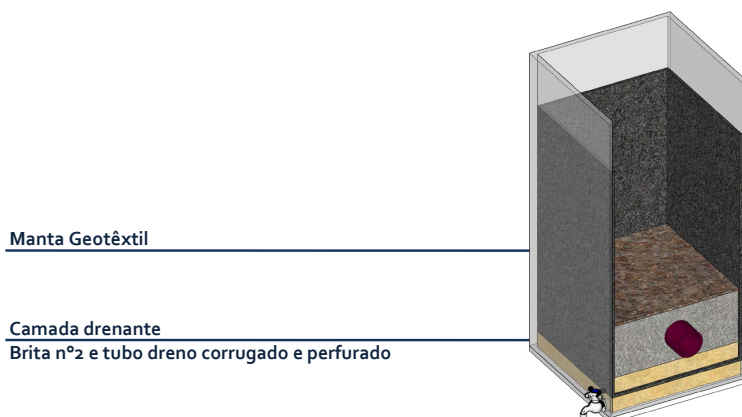


Figura 58 Etapa 4 do Processo Construtivo

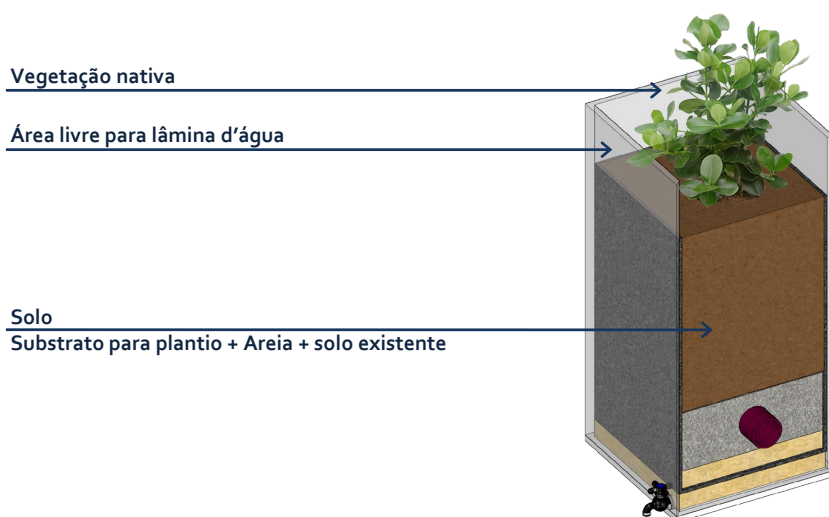


Figura 59 Etapa 5 do Processo Construtivo

Após a montagem de dois dos modelos foram feitos 4 experimentos, um primeiro com a passagem da água da torneira em um solo seco e posteriormente no solo já úmido, o experimento demonstrou que o tempo de infiltração vai reduzindo com o aumento da umidade do solo.

2.4.1 Participantes da Oficina 4 e 5

Nas quarta e quinta oficinas estiveram presentes trinta e quatro participantes, da secretaria de Urbanismo e Sustentabilidade, Gestão Habitacional de Obras, Mobilidade Urbana, funcionários da Urbanizadora Municipal S.A (URBAM) e pesquisadores FCTH/USP, a Figura 60 demonstra o percentual de participantes por secretaria.

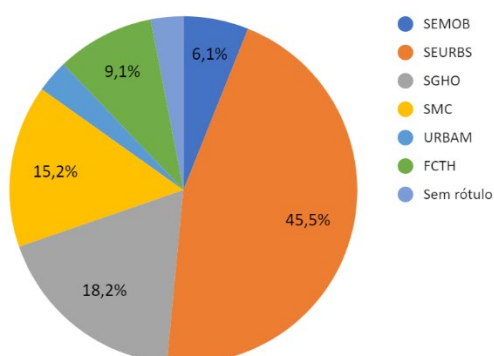


Figura 60 Percentual de Participantes das Oficinas 4 e 5 por Secretaria e Entidade

O local de realização dessa oficina foi a Casa do Café.

As fotos da Figura 61 demonstra a realização das oficinas 4 e 5.



Figura 61 Fotos da Aula Prática das oficinas 4 e 5.

2.5 Oficina 6 Dispositivos de Drenagem Sustentável

Essa oficina apresentou os principais conceitos de drenagem convencional e sustentável descritos nas oficinas 1 e 2 para membros da sociedade civil e servidores da prefeitura que não participaram das primeiras oficinas.

O experimento do modelo do jardim de chuva também se repetiu.

O local de realização dessa oficina foi o Passo Municipal.

2.5.1 Participantes da Oficina 6

Na sexta oficina estiveram presentes vinte e quatro pessoas, representantes da secretaria de Urbanismo e Sustentabilidade, Gestão Habitacional de Obras, Mobilidade Urbana, Sociedade Civil e pesquisadores FCTH/USP, a Figura 62 demonstra o percentual de participantes por secretaria.

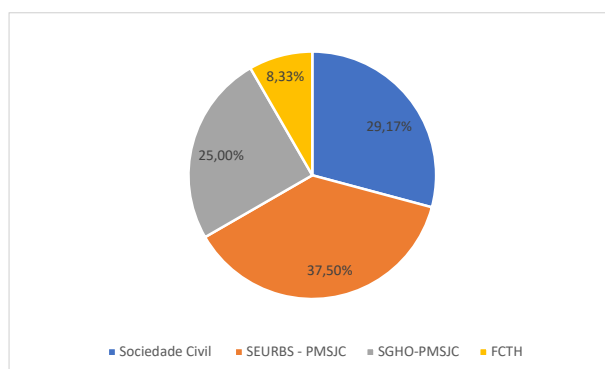


Figura 62 Percentual de Participantes da Oficina 6 por Secretaria e Entidade

2.6 Oficina 7 Dispositivos de Drenagem Sustentável

O intuito da sétima oficina era passar os conceitos de drenagem sustentável e apresenta o projeto para os secretários municipais e diretores de diversas secretarias e da defesa civil.

Como o público era diferente das demais oficinas, trabalhou-se com aulas expositivas dos conteúdos apresentados nas oficinas 1 e 2.

A atividade foi finalizada com a participação dos participantes na discussão sobre os problemas que cada área enfrenta com relação à drenagem do município.

2.6.1 Participantes da Oficina 7

Estavam presentes secretários e diretores das secretarias de Urbanismo e Sustentabilidade, Gestão Habitacional de Obras, Mobilidade Urbana, funcionários da Urbanizadora Municipal S.A (URBAM) e da Defesa Civil. A Figura 63 demonstra o percentual de participante por Secretaria Municipais e entidades.

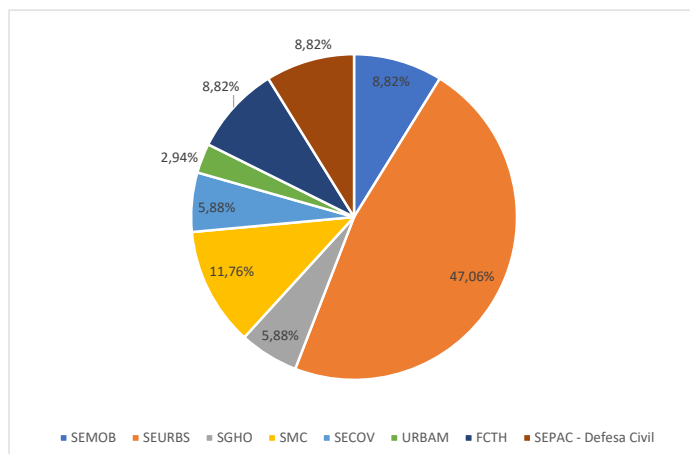


Figura 63 Percentual de Participantes da Oficina 7 por Secretaria e Entidade

2.7 Oficinas 8, 9 e 10 Monitoramento da Qualidade da Água

As oficinas aconteceram em dois momentos, o primeiro com aula expositiva e segundo com visita de campo em duas bacias de estudo do projetos onde foram colocados dispositivos de monitoramento, a primeira bacia onde foi realizada na visita de campo foi a do Córrego Santa Hermínia e a segunda visita do Córrego Senhorinha.

O conteúdo trabalho foi:

- Contextualização do monitoramento,
- Definição do sistema de monitoramento,
- Etapas do sistema de monitoramento,
- Utilização das informações,
- Monitoramento da qualidade da água em SP.

Estavam presentes representantes das secretarias de Urbanismo e Sustentabilidade, Gestão Habitacional de Obras, funcionários da Urbanizadora Municipal S.A (URBAM) e técnicos da USP/FCTH.

A Figura 64 demonstra o número de participante por Secretaria Municipais e entidades.

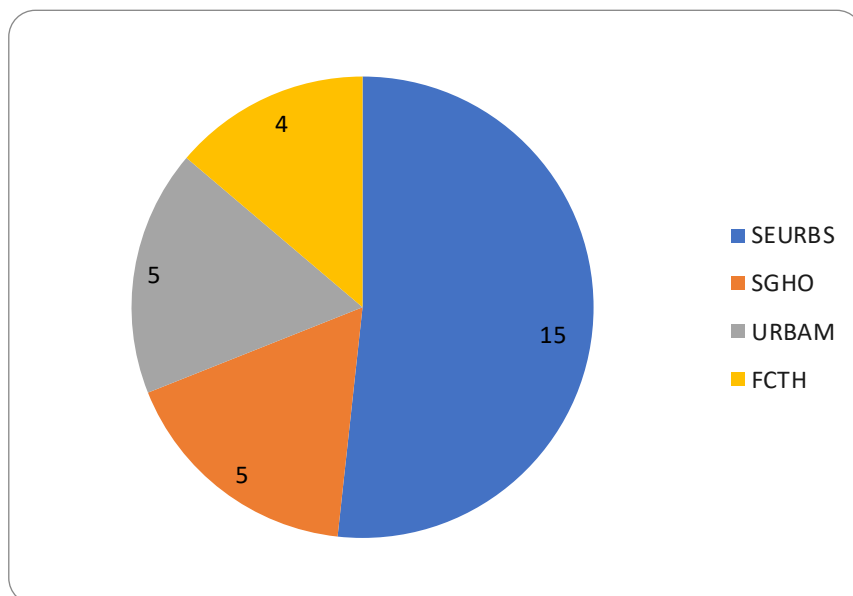


Figura 64 Percentual de Participantes das Oficinas 8,9 e 10 por Secretaria e Entidade

As fotos das Figura 65 e Figura 66 demonstram a realização das últimas oficinas onde a visita de campo para demonstrar as técnicas de monitoramento aconteceram, respectivamente, nos córregos Santa Hermínia e Senhorinha.



Figura 65 Fotos da Oficina de Monitoramento no Córrego Santa Hermínia



Figura 66 Fotos da Oficina de Monitoramento no Córrego Senhorinha



Todo o conteúdo trabalho na aula teórica da oficina de monitoramento está no Anexo I do presente relatório.

3 REFERENCIAS

Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal., (2018). [https://adasa4-](https://adasa4-my.sharepoint.com/personal/service_sti_adasa_df_gov_br/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fservice%5Fsti%5Fadasa%5Fdf%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FArquivos%5FPortal%5FAdasa%2Fstorage%2Farea%5Fde%5Fatuacao%2Fdrenagem%5Furbana%2FManual%5FDrenagem%2FManual%5FDrenagem%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fservice%5Fsti%5Fadasa%5Fdf%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FArquivos%5FPortal%5FAdasa%2Fstorage%2Farea%5Fde%5Fatuacao%2Fdrenagem%5Furbana%2FManual%5FDrenagem&ga=1)

[my.sharepoint.com/personal/service_sti_adasa_df_gov_br/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fservice%5Fsti%5Fadasa%5Fdf%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FArquivos%5FPortal%5FAdasa%2Fstorage%2Farea%5Fde%5Fatuacao%2Fdrenagem%5Furbana%2FManual%5FDrenagem%2FManual%5FDrenagem%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fservice%5Fsti%5Fadasa%5Fdf%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FArquivos%5FPortal%5FAdasa%2Fstorage%2Farea%5Fde%5Fatuacao%2Fdrenagem%5Furbana%2FManual%5FDrenagem&ga=1](https://adasa4-my.sharepoint.com/personal/service_sti_adasa_df_gov_br/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fservice%5Fsti%5Fadasa%5Fdf%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FArquivos%5FPortal%5FAdasa%2Fstorage%2Farea%5Fde%5Fatuacao%2Fdrenagem%5Furbana%2FManual%5FDrenagem%2FManual%5FDrenagem%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fservice%5Fsti%5Fadasa%5Fdf%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FArquivos%5FPortal%5FAdasa%2Fstorage%2Farea%5Fde%5Fatuacao%2Fdrenagem%5Furbana%2FManual%5FDrenagem&ga=1)

Bollela, V. R., Senger, M. H., Tourinho, F. S. V., & Amaral, E. (2014). Aprendizagem baseada em equipes: da teoria à prática. *Medicina (Ribeirão Preto)*, 47(3), 293–300. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v47i3p293-300>

Christofidis, D., Assumpção, R. dos S. F. V., & Kligerman, D. C. (2019). A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. *Saúde Em Debate*, 43(spe3), 94–108. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019s307>

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. (2023). *Cidades Eficientes*. http://cidadeeficientes.cbcs.org.br/?page_id=664#infraestrutura

Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs. , Department of Environmental Programs, Metropolitan Washington Council of Governments (1987).



4 EQUIPE TÉCNICA

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. José Carlos Bernardino	Coordenador do projeto
Prof. Dr. José Carlos Mierzwa	Vice coordenador

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

Prof. Dr. José Rodolfo Scarati Martins	Diretor Presidente
Prof. Dr. Renato Carlos Zambon	Diretor Técnico-Científico
Profa. Dra. Amarilis Lucia C. F. Gallardo	Diretora Administrativa-Financeira
Lais Ferrer Amorim de Oliveira	Coordenadora Técnica do Estudo
Camila Brandão Nogueira Borges	Coordenadora Administrativa do Estudo
Stephanie Gonzaga	Arquiteta e Urbanista
Juliana Alencar	Consultora do Estudo
Fernando Garcia	Engenheiro Ambiental

Emissão:	Documento. No.
São Paulo, 21 dezembro de 2023.	1197-NT-2.1/23-R04
Elaborado por:	Assinatura:
Camila Brandão Nogueira Borges Fernando Garcia Stephanie Gonzaga	
Verificado por:	Assinatura:
Lais Ferrer Amorim de Oliveira José Rodolfo Scarati Martins	
Aprovado por:	Assinatura:
Renato Carlos Zambon	



ANEXO I MATERIAL MINISTRADO NAS OFICINAS



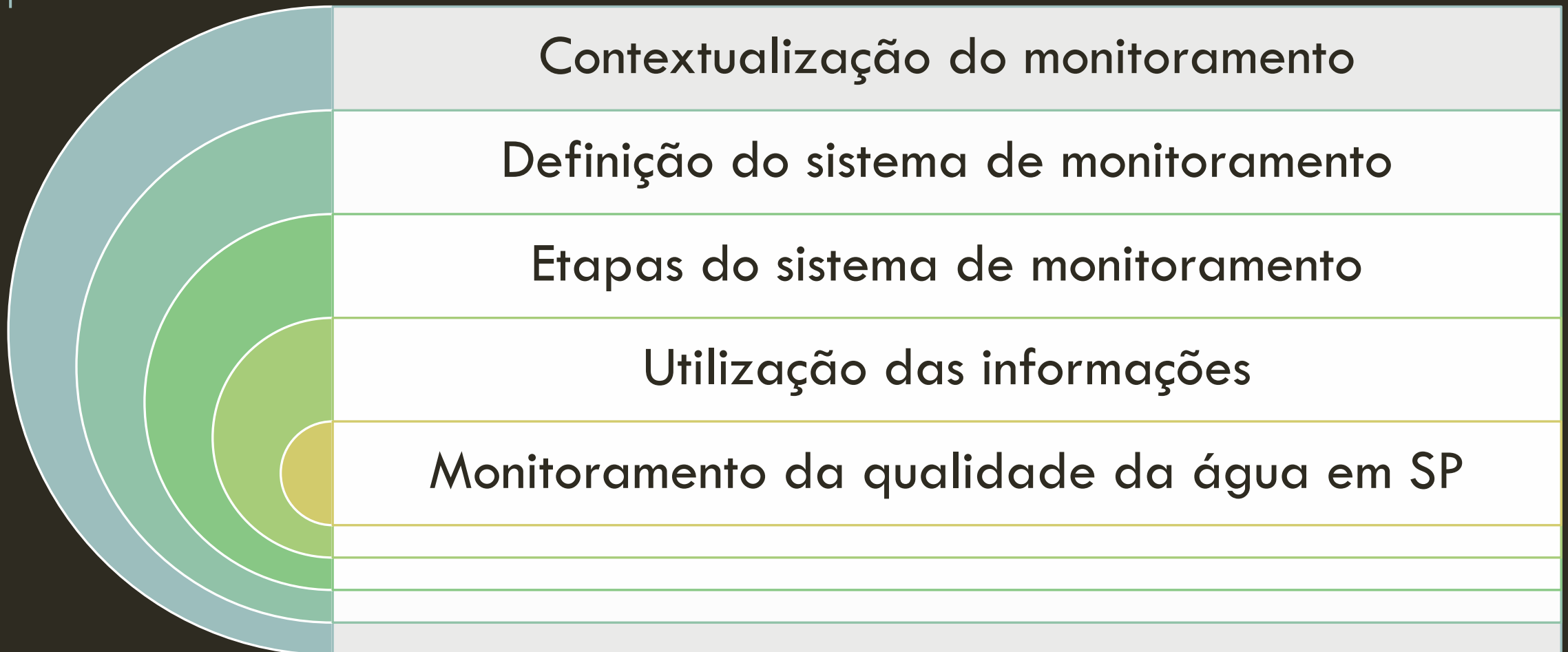
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola Politécnica

Departamento de Eng. Hidráulica e Ambiental

CONTEÚDO



CONTEXTUALIZAÇÃO DO MONITORAMENTO

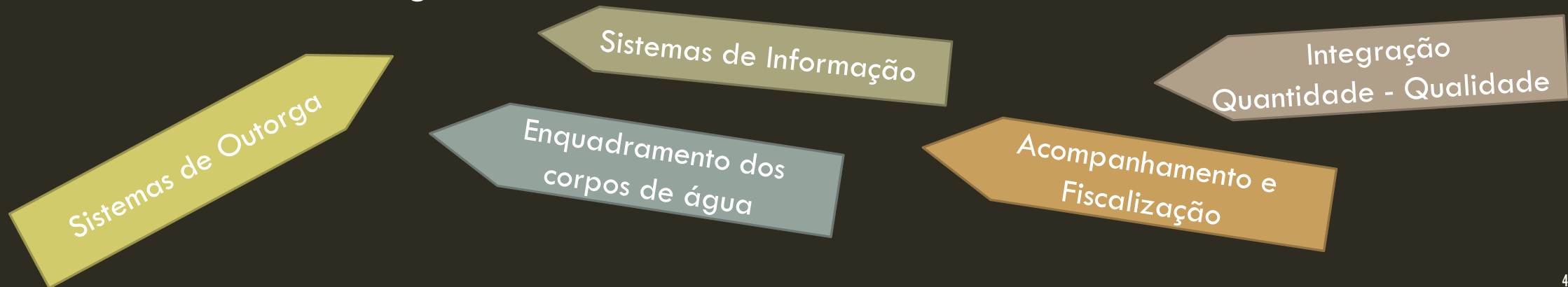
- Definições;
- Objetivos;
- Utilização.

DEFINIÇÕES

❖ MONITORAMENTO

Coleta de dados para obter **informações** sobre uma característica e/ou comportamento de uma **variável** ambiental. É um programa de **repetitivas observações, medidas e registros** de variáveis ambientais e parâmetros operacionais em um **período de tempo** (PETTIS,1999).

❖ Ferramenta de gestão



OBJETIVOS DO MONITORAMENTO



PORQUE MONITORAR?

**QUAIS INFORMAÇÕES SE
ESPERA DA
AMOSTRAGEM DE
QUALIDADE DA ÁGUA?**

OBJETIVOS DO MONITORAMENTO

- ❖ Análise de tendências;
- ❖ Determinação do transporte e destino de poluentes;
- ❖ Definições de áreas críticas;
- ❖ Fiscalização;
- ❖ Avaliação de eficácia de práticas de gestão;
- ❖ Alocação de cargas de efluentes;
- ❖ Avaliação e calibração de modelos;
- ❖ Pesquisa e definição de problemas

**Depende da
função do
monitoramento**

OBJETIVOS DO MONITORAMENTO

De GERENCIAMENTO

- Relacionado com o funcionamento do sistema ambiental, deve subsidiar decisões de gestão

De PLANEJAMENTO

- Fornecimento de informações sobre a qualidade da água disponível, prognósticos e avaliação dos efeitos de obras hidráulicas

De CONTROLE

- Identificação de áreas críticas, proteção aos usuários do sistema.

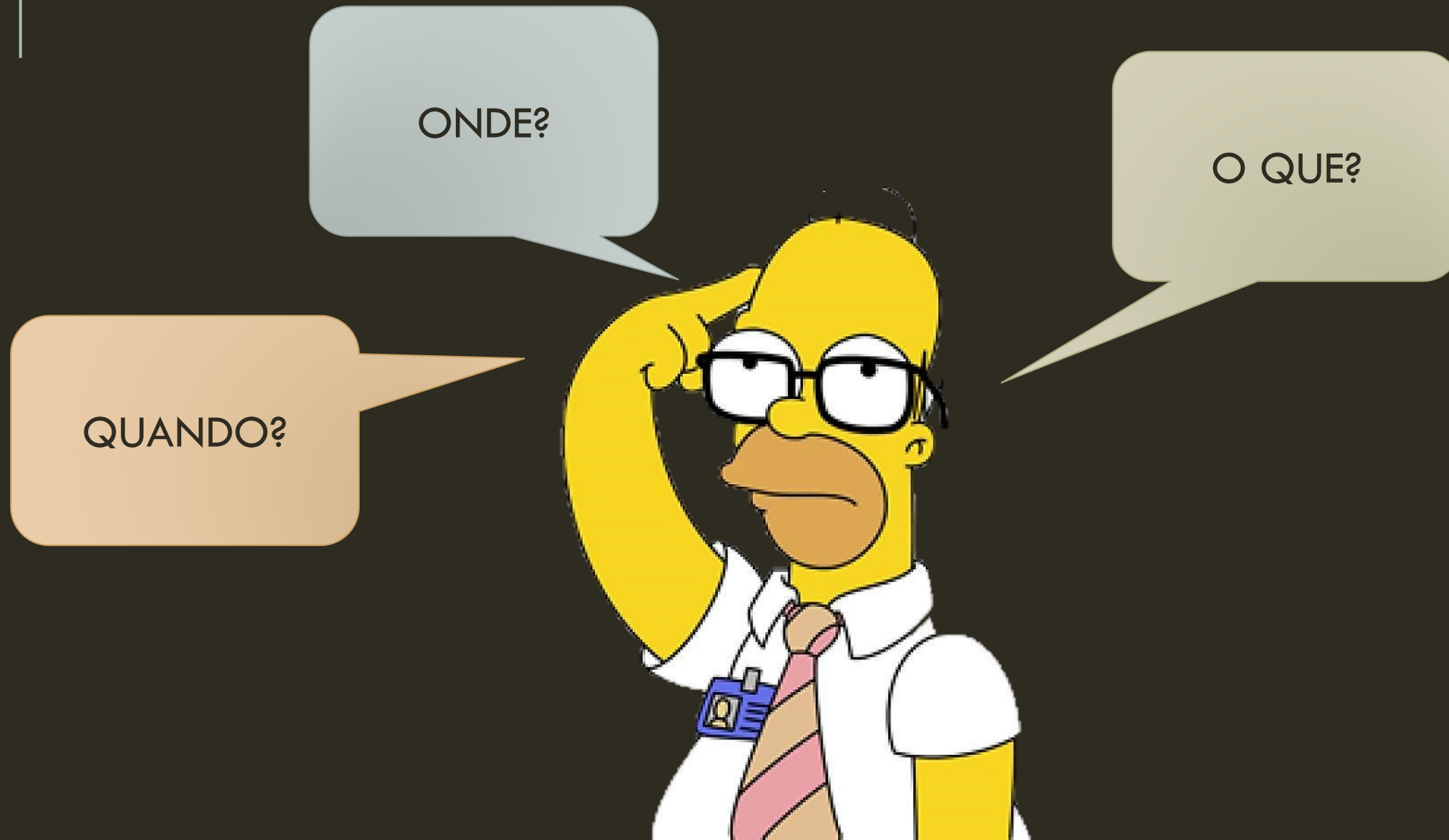
DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO

- Visão Geral;
- Estruturação;
- Projetos de redes.

SISTEMA DE MONITORAMENTO



SISTEMA DE MONITORAMENTO



ETAPAS DO SISTEMA DE MONITORAMENTO

- Espacial;
- Temporal;
- Definição de variáveis.

PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *ONDE?*

❖ METODOLOGIAS DE SISTEMATIZAÇÃO

❖ MACROLOCALIZAÇÃO: *determinação do **trecho ou seção do rio** onde serão monitoradas as variáveis de acordo com os objetivos*

❖ MICROLOCALIZAÇÃO : *determinação do ponto dentro da seção*

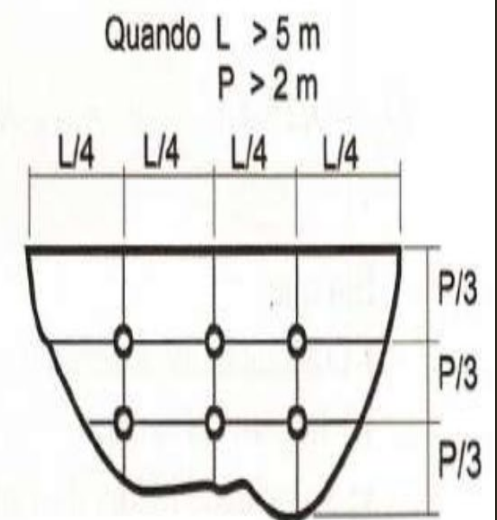
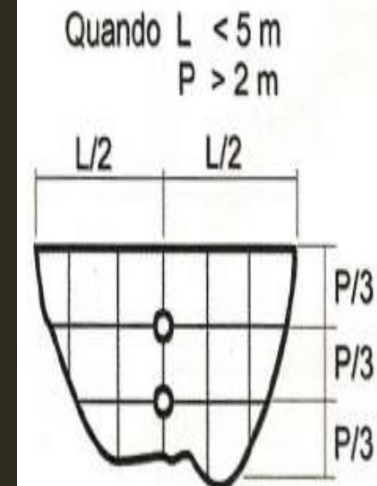
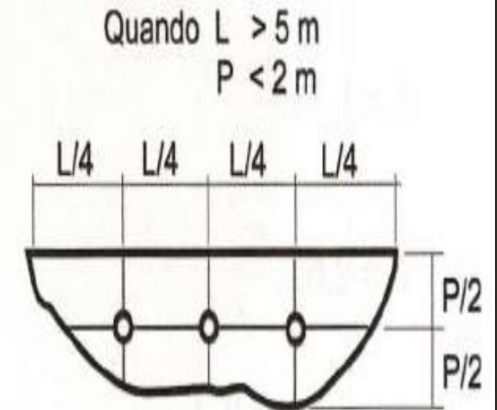
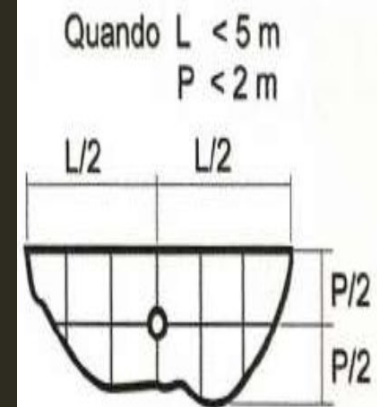
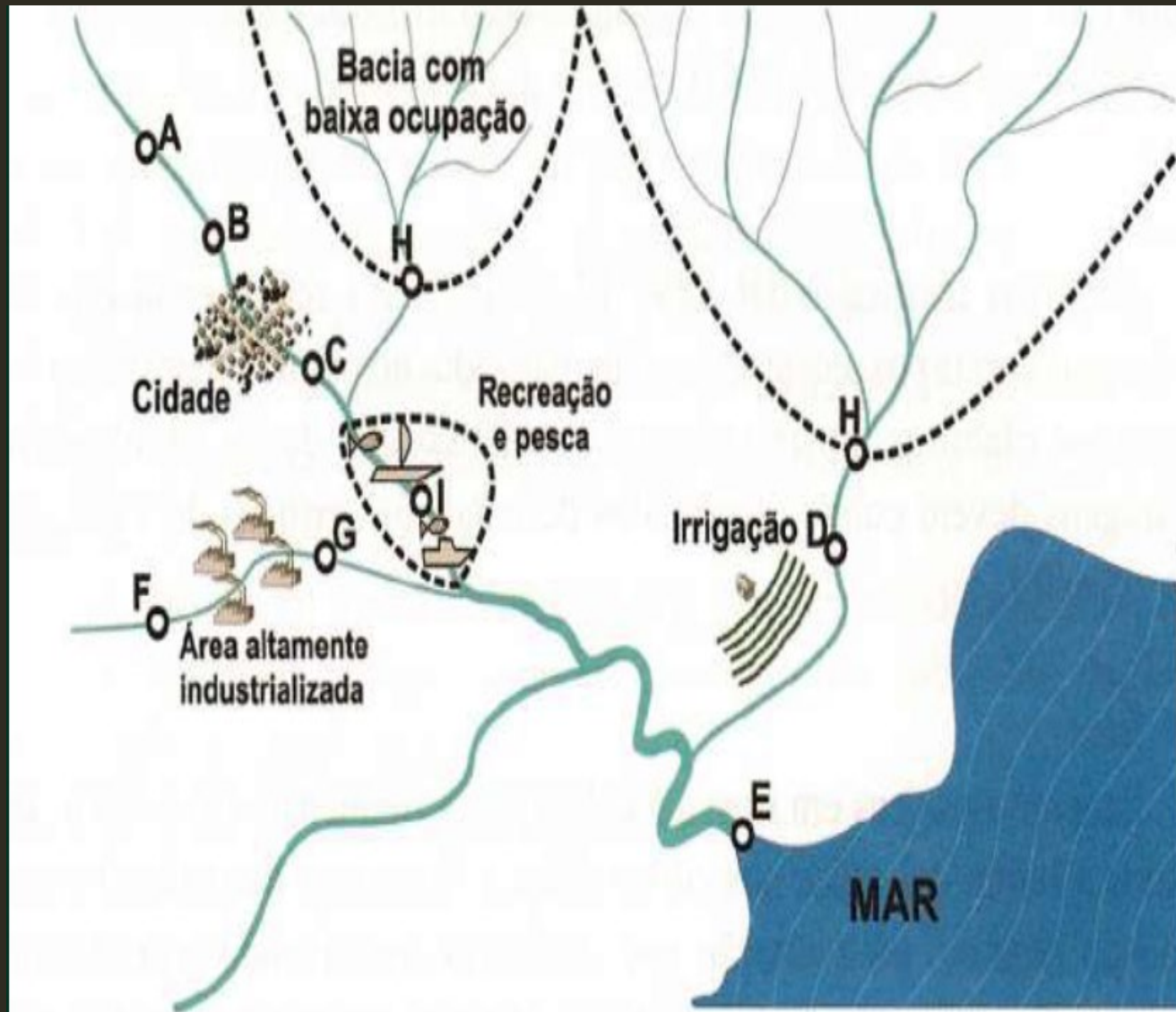
❖ OTIMIZAR: *cumprir os objetivos*



CUIDADO!
COMPRIMENTO DE MISTURA

$$L_m = 0,4U \frac{B^2}{E_{lat}}$$
$$L_m = 0,1U \frac{B^2}{E_{lat}}$$

PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *ONDE?*



L: Largura do curso de água P: Profundidade do curso de água

PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *ONDE?*

❖ MACROLOCALIZAÇÃO



PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *ONDE?*

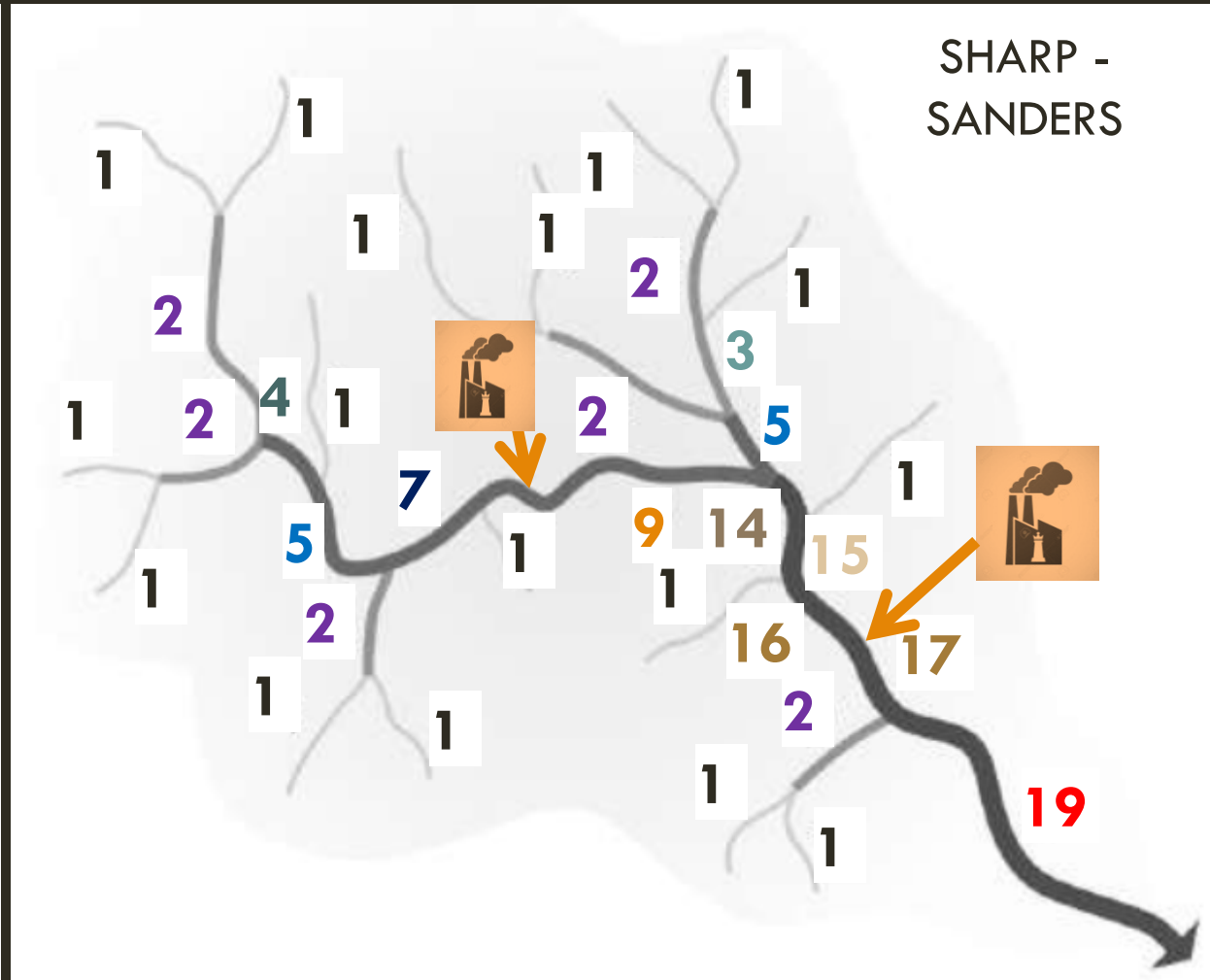
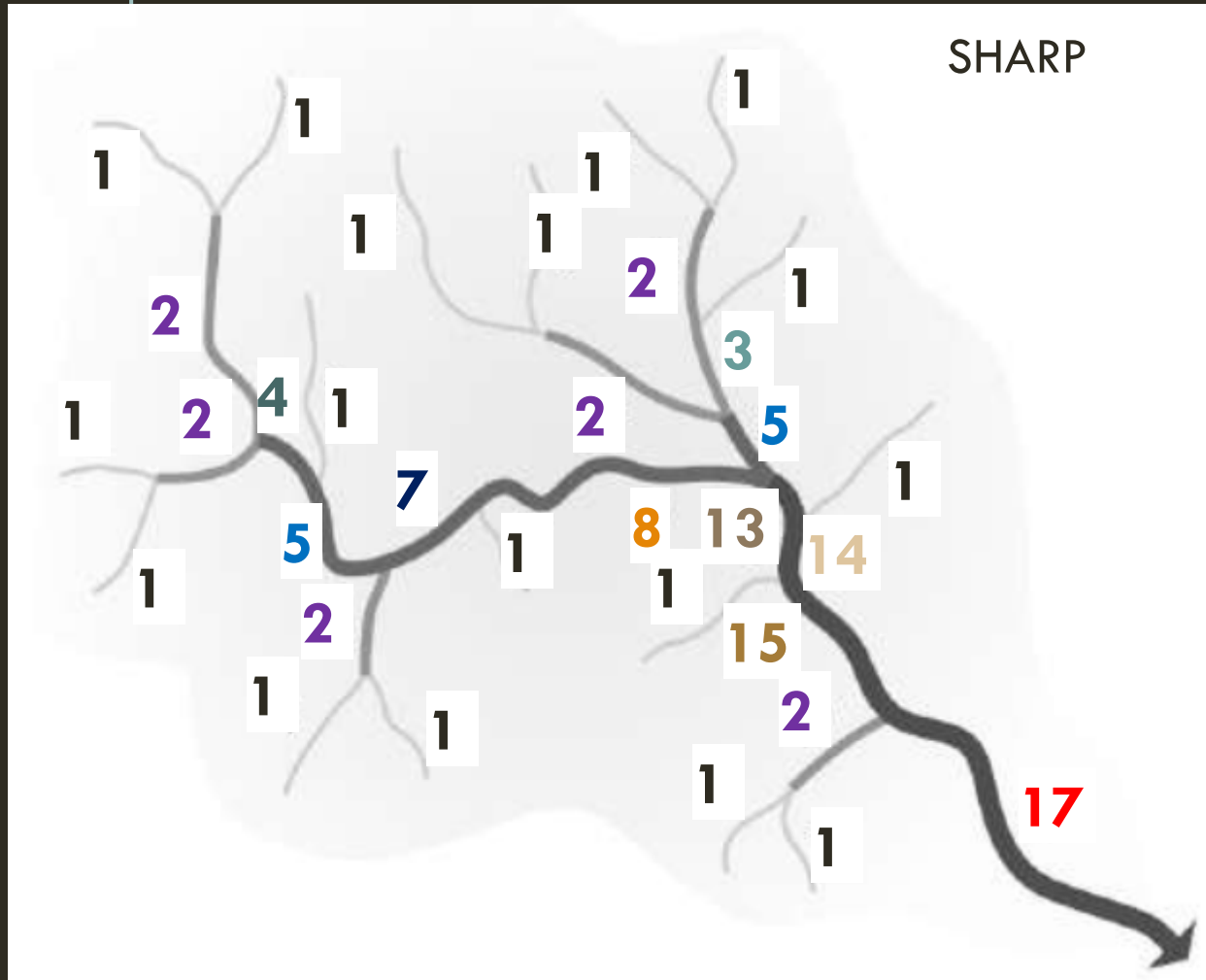
❖ MACROLOCALIZAÇÃO – MÉTODO DE SHARP

Procedimento de amostragem sequencial, baseado na divisão da rede de drenagem em centros de “massa”. Define-se níveis hierárquicos que serão referência para identificação da fonte poluidora.

- a) Cada tributário inicial é de ordem 1 – ELEMENTO EXTERNO*
- b) Toda vez que dois elementos externos se juntam formam um elemento de ordem 2 – ELEMENTO INTERNO*
- c) Quando quaisquer dois elementos internos ou externos se juntam, sendo de ordens M_1 e M_2 , o elemento interno resultante terá ordem $M_1 + M_2$.*

O resultado desse processo é que se a bacia tiver “N” origens a ordem do exutório será “N”.

PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *ONDE?*

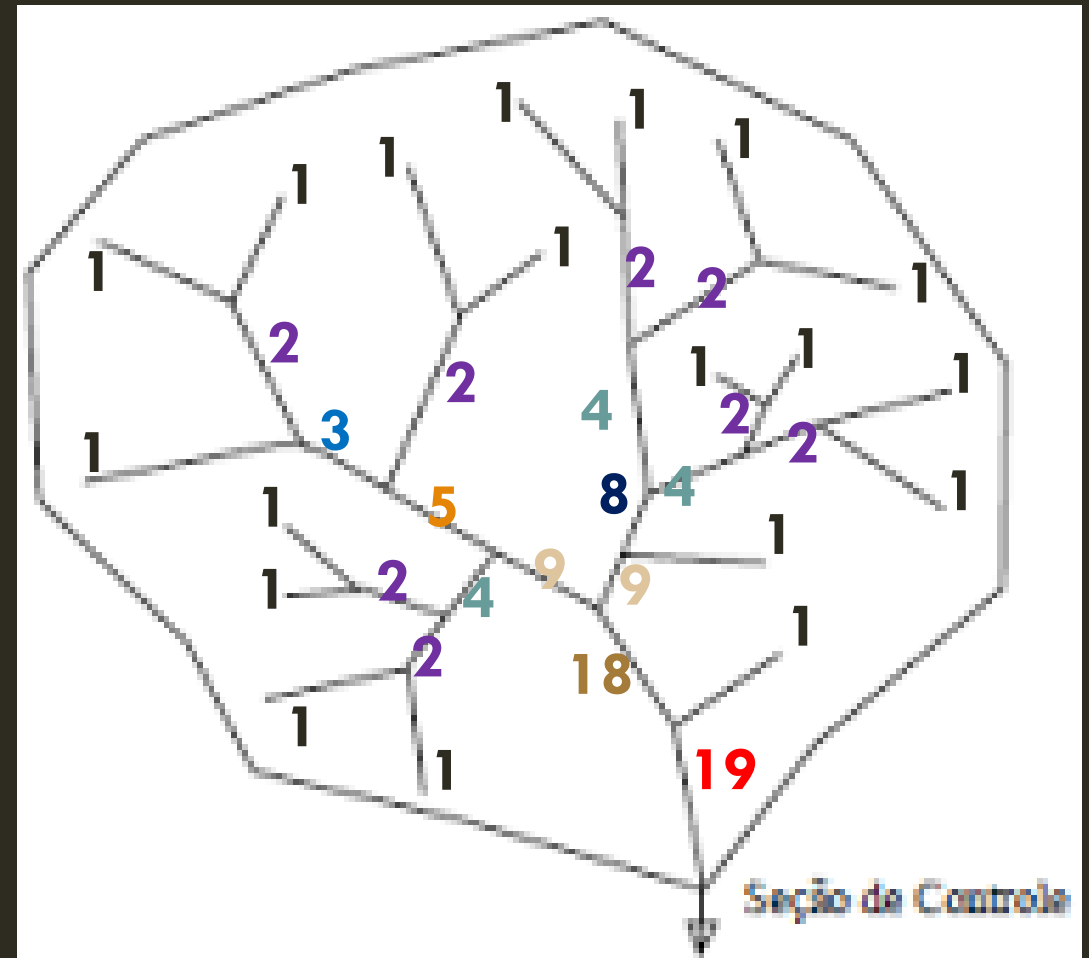


PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *ONDE?*

1. Definir centro de massa

$$M_c = M_i = \left[\frac{M_0 + 1}{2} \right]$$

- M_0 é a ordem do exutório;
- M_i é a ordem do iésimo elemento interior da rede de drenagem,
- $[]$ significa valor inteiro.



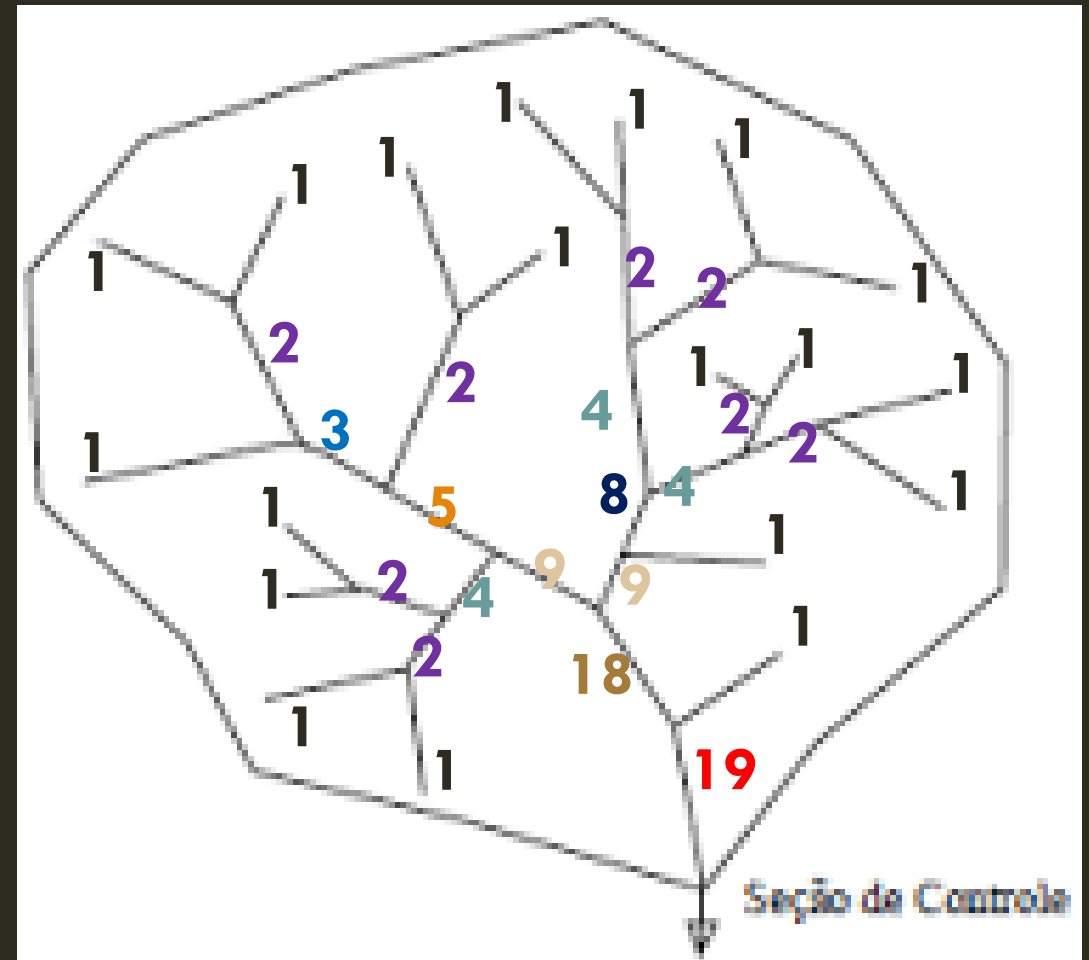
PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *ONDE?*

2. Demais níveis hierárquicos

$$M_i' = \left[\frac{M_{jus} - M_{mon} + 1}{2} \right]$$

$$M_i'' = M_{mon} + M_i'$$

- M_i é a ordem do elemento i e/ou a ordem do nível de hierarquia i ;
- M_{jus} é a ordem da parte de jusante da rede de drenagem;
- M_{mon} é a ordem da parte de montante da rede de drenagem;
- M_i' e M_i'' são as alternativas possíveis para os centros de massa da bacia de jusante e de montante

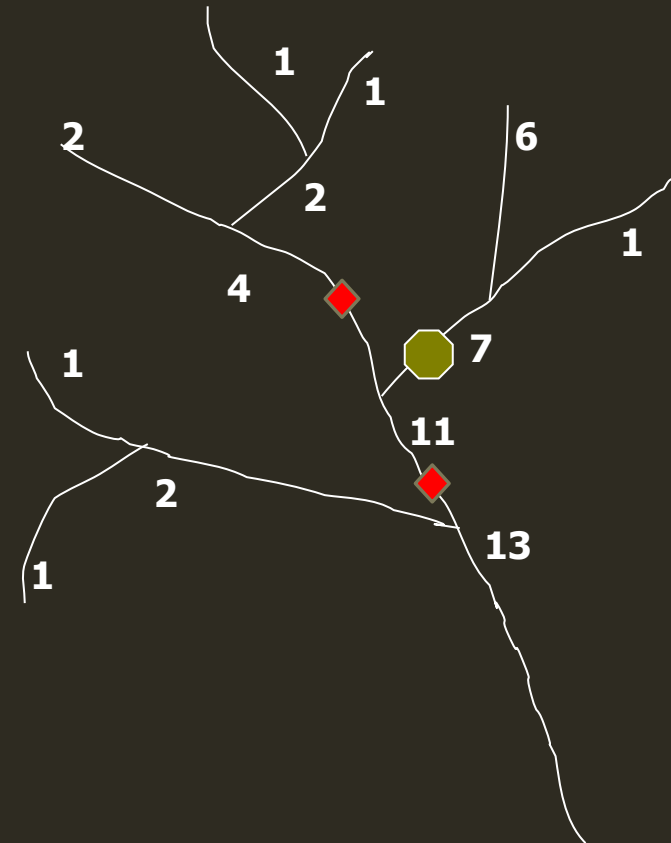


PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *ONDE?*

2. Demais níveis hierárquicos

$$M_c = M_i = \left[\frac{M_0 + 1}{2} \right]$$

$$M_c = \left[\frac{13+1}{2} \right] = 7$$



$$M_i' = \left[\frac{M_{jus} - M_{mon} + 1}{2} \right]$$

$$M_i'' = M_{mon} + M_i'$$

$$M_2 = \left[\frac{11-6+1}{2} \right] = 3$$

$$M_2 = 6 + 3 = 9$$



PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *ONDE?*

2. Demais níveis hierárquicos

$$M_i' = \left[\frac{M_{jus} - M_{mon} + 1}{2} \right]$$

$$M_i'' = M_{mon} + M_i'$$

❖ PARA CENTRÓIDE 3 (4)

$$M_3 = \left[\frac{11 - 2 + 1}{2} \right] = 5 \quad M_3 = 2 + 5 = 7 \quad \blacktriangle$$

❖ PARA CENTRÓIDE 9 (11)

$$M_3 = \left[\frac{13 - 7 + 1}{2} \right] = 3,5 \approx 4 \quad M_3 = 4 + 4 = 8 \quad \blacktriangle$$



PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *ONDE?*

- ❖ Locais de fácil acesso;
- ❖ Locais onde já existem estações fluviométricas;
- ❖ Incluir pontos de interesse (próximo à industriais, municípios, ou outras áreas específicas);
- ❖ Incluir pontos próximos à fonte poluidoras;
- ❖ Locais que tenham uma representatividade local.



PONTOS
NOTÁVEIS

PROJETO DE MONITORAMENTO ➡ *QUANDO?*

❖ FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

- ❖ Depende dos objetivos e funções do monitoramento;
- ❖ Depende do comportamento do poluente;
- ❖ Para fiscalização, depende da necessidade: fiscalização periódica, verificação de denúncias.
- ❖ Estações automáticas x Estações convencionais



PROJETO DE MONITORAMENTO → *O QUE?*

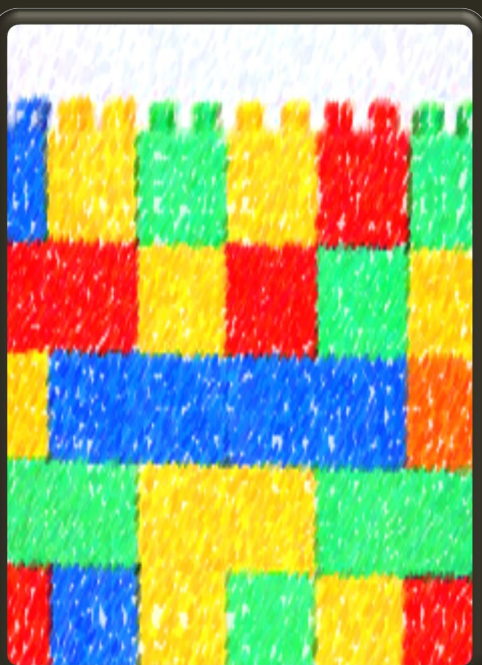
❖ VARIÁVEIS A SEREM AMOSTRADAS

- ❖ Depende dos objetivos
- ❖ Dependem das características da bacia: usos da água, enquadramento, possíveis alterações futuras
- ❖ Dependem das características do corpo hídrico



PROJETO DE MONITORAMENTO

ESTRUTURAÇÃO GERAL



Identifique a necessidade de obtenção informação

Pesquise as características do local

Determine as variáveis

Determinar a localização das estações

Determinar a frequência de amostragem

Determinar procedimentos e operações de campo e laboratório

Especificar programas utilizados para analisar os dados

Compute o custo do programa e faça análise de custo-benefício

UTILIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES

- Legislação;
- Hidroweb.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE RH

Art. 25 da Lei 9433/97 – Lei das águas

- ❖ Sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão

Característica fundamental:

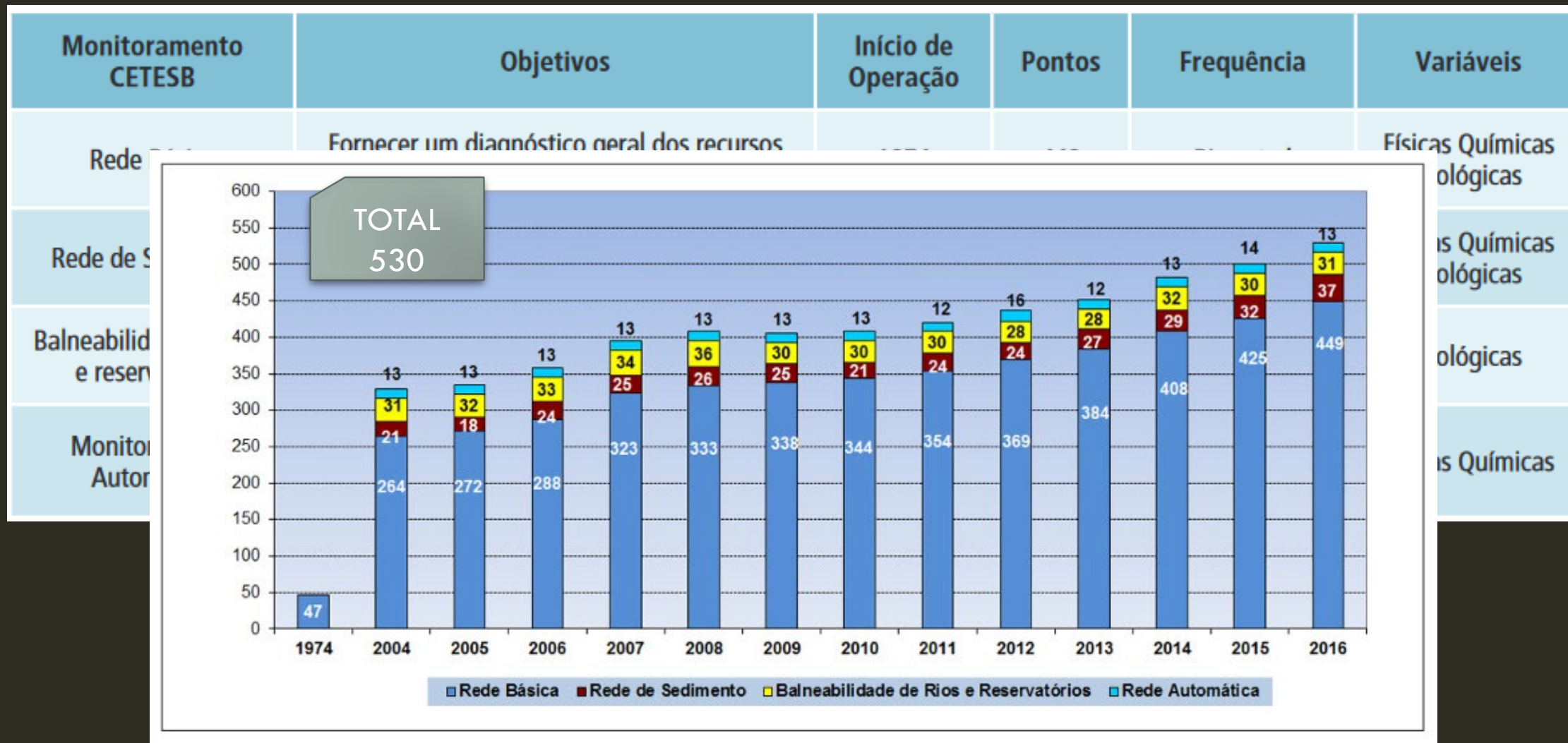
- ❖ Capacidade de reunir um número amplo de registros, armazená-los, recuperá-los e transformá-los em informação



MONITORAMENTO EM SP

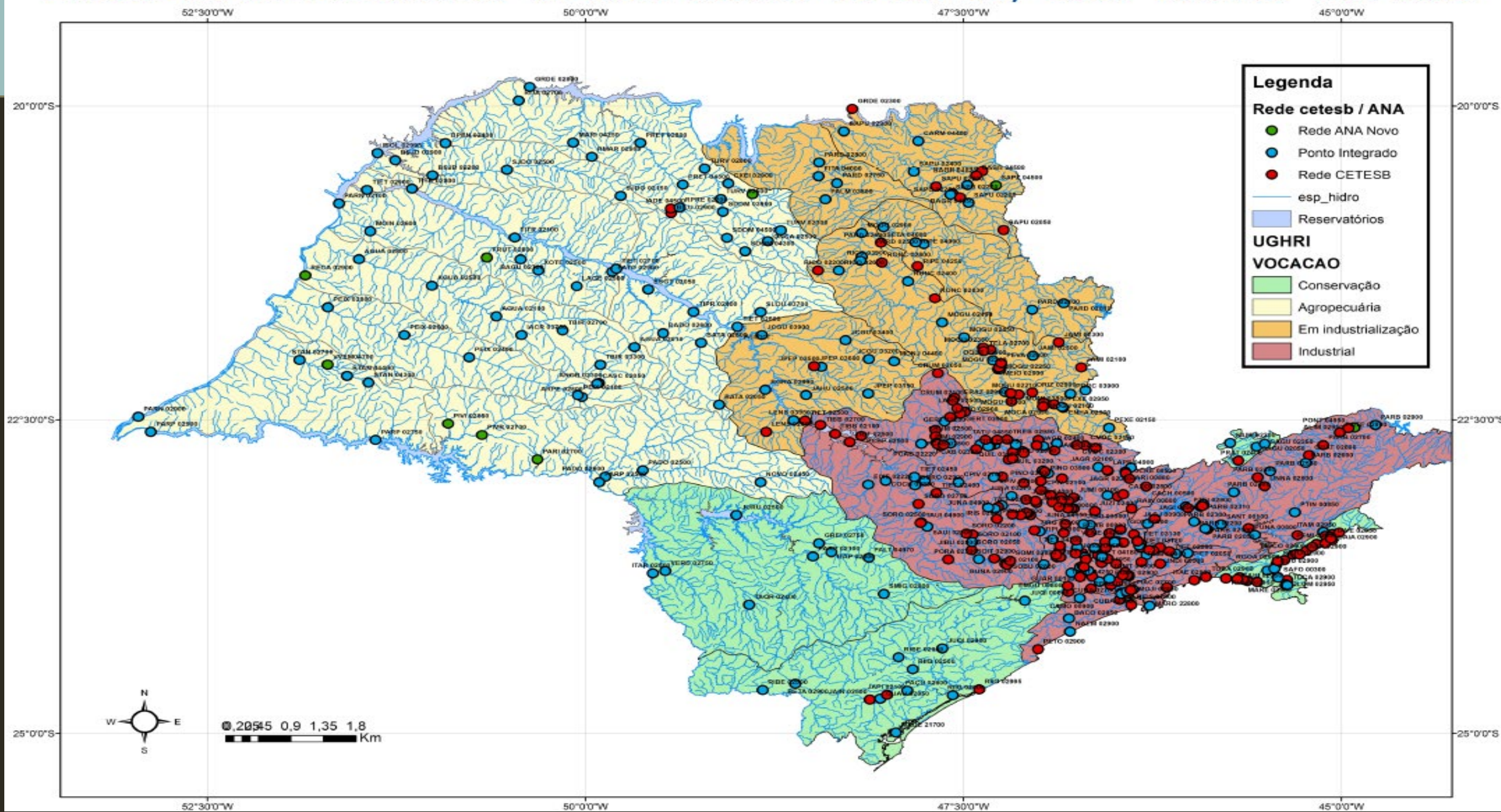
- Rede;
- Índices de qualidade.

MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA DA CETESB



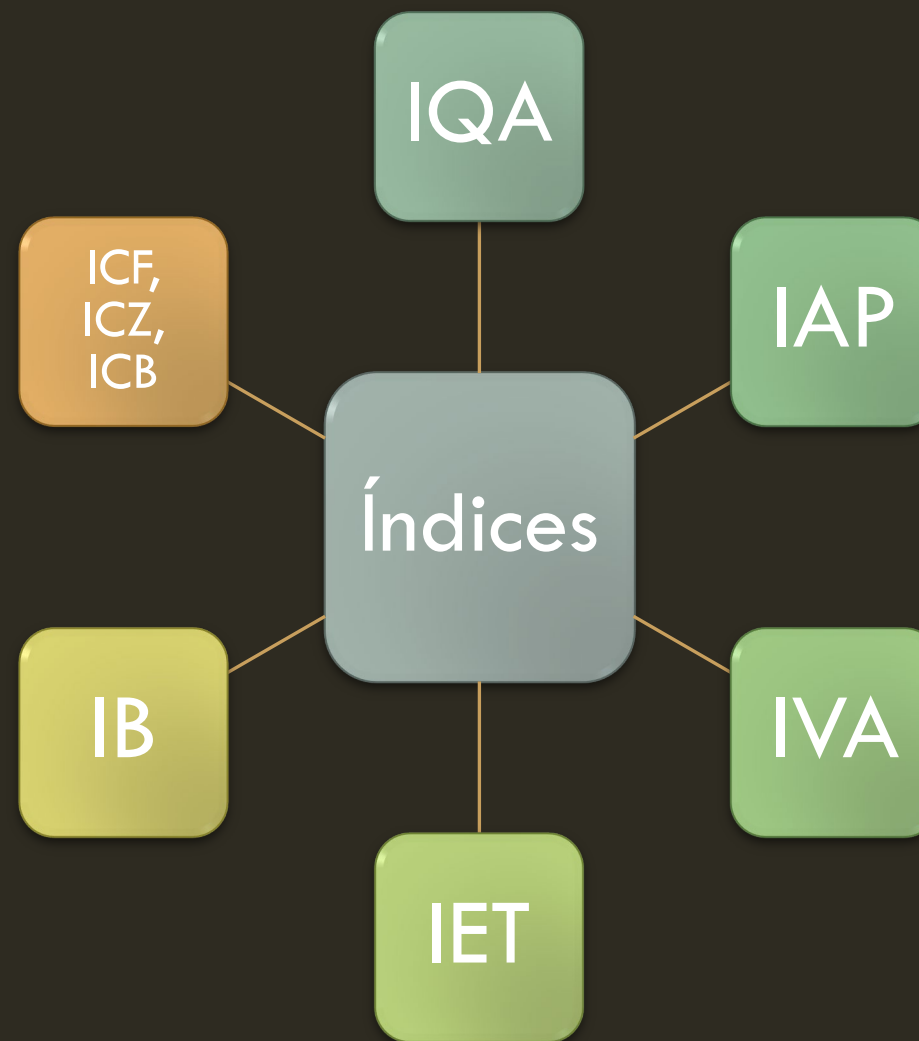
MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA DA CETESB

Monitoramento	Grupo	Principais Variáveis*	Variáveis Adicionais**
Rede Básica	Físicos	Condutividade, Sólido Dissolvido Total, Sólido Total, Temperatura da Água, Temperatura do Ar, Turbidez	Cor Verdadeira, Nível d'água, Salinidade, Transparência, Vazão
	Químicos	Alumínio Dissolvido, Alumínio Total, Bário Total, Cádmio Total, Carbono Orgânico Total, Chumbo Total, Cloreto Total, Cobre Dissolvido, Cobre Total, Cromo Total, DBO (5, 20), Ferro Dissolvido, Ferro Total, Fósforo Total, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl, Nitrogênio-Nitrato, Nitrogênio-Nitrato, Oxigênio Dissolvido, pH, Potássio, Sódio, Subst. Tensoat. reagem c/ Azul Metileno, Zinco Total	Alcalinidade Total, Arsênio Total, Bifenilas Policloradas (PCBs), Boro Total, Carbono Orgânico Dissolvido, Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) ^a , Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (Semi-COVs) ^a , DQO, Dureza, Fenóis Totais, Fluoreto Total, Herbicidas ^b , Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) ^c , Microcistinas, Óleos e Graxas, Pesticidas Organoclorados ^d , Pesticidas Organofosforados ^e , Potencial de Formação de THM, Saxitoxina
	Hidrobiológicos	Clorofila- <i>a</i> e Feofitina <i>a</i>	Comunidades Fitoplanctônica e Zooplanctônica
	Microbiológicos	<i>Escherichia coli</i>	<i>Giardia</i> e <i>Cryptosporidium</i>
	Ecotoxicológicos	Ensaio de Toxicidade Crônica com o microcrustáceo <i>Ceriodaphnia dubia</i>	Ensaio de Toxicidade Aguda com a bactéria luminescente - <i>Vibrio fischeri</i> (Sistema Microtox [®]), Ensaio de Mutação Reversa (Teste de Ames) ^e
	Bioanalíticos		Atividade Estrogênica por BLYES



ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

- ❖ IQA – Índice de Qualidade da água
- ❖ IAP – Índice de Abastecimento Público
- ❖ IVA – Índice de Qualidade da água para proteção da Vida Aquática;
- ❖ IET – Índice de Estado Trófico;
- ❖ Índice de Comunidade Fitoplantônica, Bentônica e Zooplantônica;
- ❖ Índice de Balneabilidade.



ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Rede de Monitoramento	Índice de Qualidade	Principal finalidade	Pontos da Rede	Variáveis que compõem os índices
	IQA	Diluição de efluentes (principalmente doméstico)	Todos	Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, <i>Escherichia coli</i> / Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais e Turbidez.
			Utilizados para	Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, <i>Escherichia coli</i> , Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais, Turbidez, Ferro, Manganês, Alumínio

Os índices são calculados quatro vezes ao ano, englobando o período seco (maio a agosto) e o período chuvoso (novembro a fevereiro), com exceção do IQA, calculado bimestralmente.

	IVA	Proteção da vida aquática	que apresentam qualidade ruim	Cobre, Zinco, Chumbo, Cromo, Mercúrio, Níquel, Cádmio, Surfactantes, Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total.
	ICF	Proteção da vida aquática	Ambientes lênticos utilizados para abastecimento; ou estado mesotrófico	Comunidade Fitoplânctônica, Fósforo e Clorofila <i>a</i>
	ICZ	Proteção da vida aquática	Alguns reservatórios	Comunidade Zooplânctônica e Clorofila <i>a</i>
Rede de Balneabilidade	IB	Balneabilidade / Recreação	Todos	Coliformes Termotolerantes ou <i>Escherichia coli</i> ou Enterococos

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → *IQA*

- ❖ National Science Foundation, 1970
- ❖ Adaptado pela CETESB, 9 variáveis
- ❖ Calculado por:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

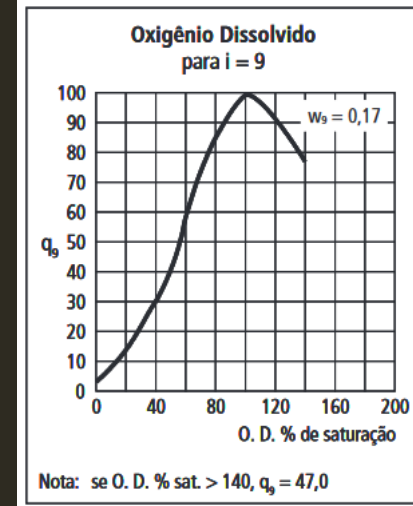
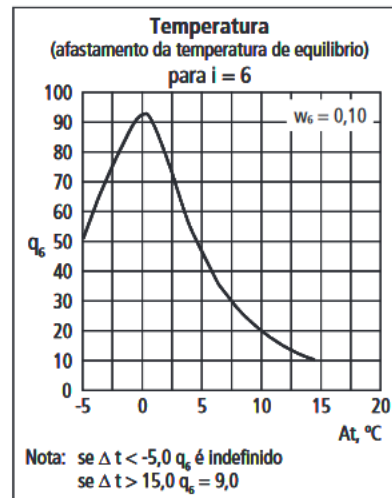
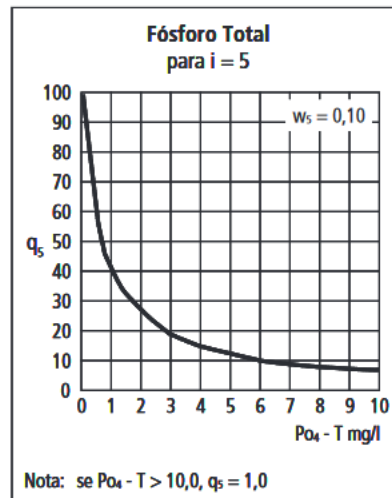
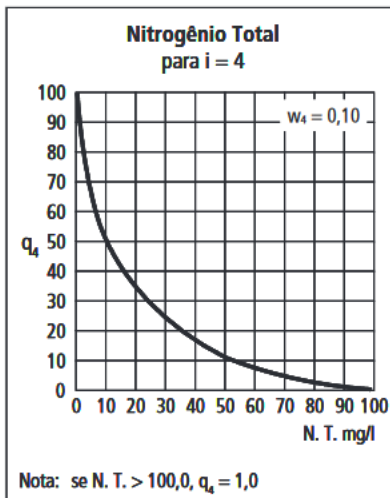
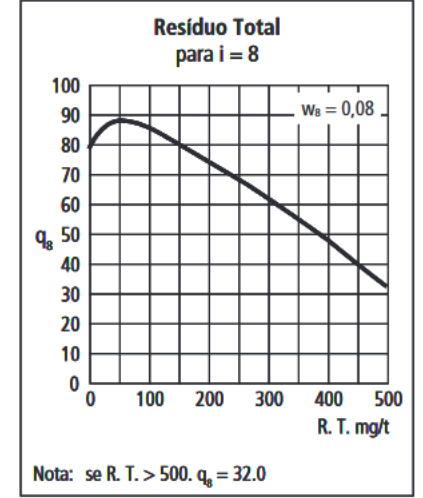
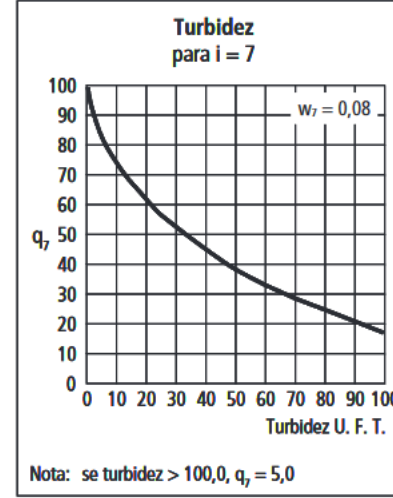
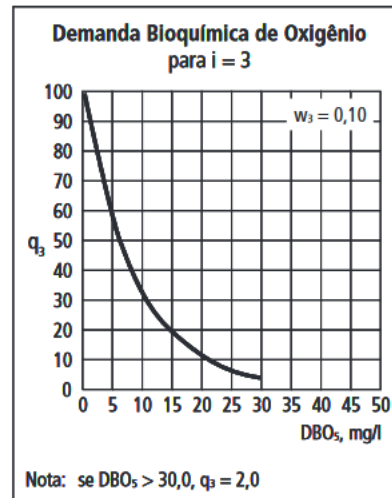
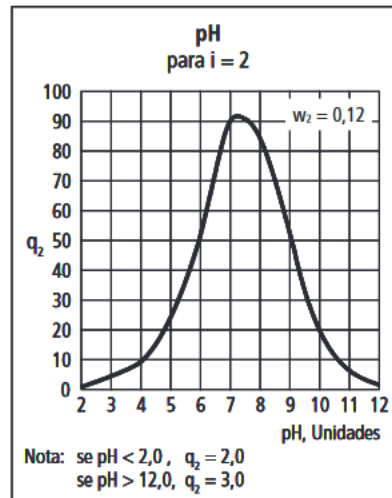
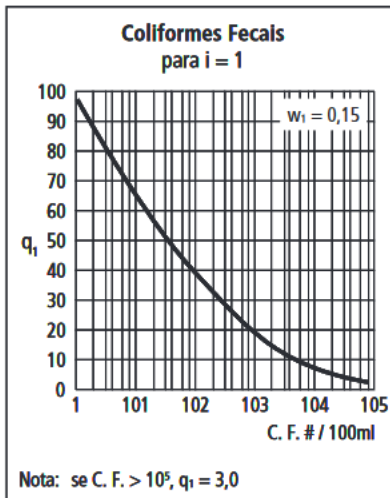
q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e,

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade,

n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

- | | |
|----|--|
| 1. | temperatura da amostra, |
| 2. | pH, |
| 3. | oxigênio dissolvido, |
| 4. | demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20¼C), |
| 5. | coliformes fecais, |
| 6. | nitrogênio total, |
| 7. | fósforo total, |
| 8. | resíduo total |
| 9. | turbidez |

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → IQA



ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → *IQA*

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → *IAP*

O IAP é o produto da ponderação dos resultados atuais do IQA e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é composto pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água, bem como de substâncias tóxicas, incluindo metais, além de resultados do teste de Ames (Genotoxicidade) e do Potencial de Formação de Trihalometanos (THMPF).

- IQA – grupo de variáveis básicas;
- ISTO – a) Variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas (teste de mutagenicidade, potencial de formação de trihalometanos, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel),
b) Grupo de variáveis que afetam a qualidade organoléptica (fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco).

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → *IAP*



IQA



ISTO

$$\text{ISTO} = \text{ST} \times \text{SO}$$

ST - multiplicação dos dois valores mínimos mais críticos

$$\text{ST} = \text{Mín-1} (q_{\text{TA}}; q_{\text{THMFP}}; q_{\text{Cd}}; q_{\text{Cr}}; q_{\text{Pb}}; q_{\text{Ni}}; q_{\text{Hg}}) \times \text{Mín-2} (q_{\text{TA}}; q_{\text{THMFP}}; q_{\text{Cd}}; q_{\text{Cr}}; q_{\text{Pb}}; q_{\text{Ni}}; q_{\text{Hg}})$$

SO - média aritmética das qualidades padronizadas

$$\text{SO} = \text{Média Aritmética} (q_{\text{fenóis}}; q_{\text{Al}}; q_{\text{Cu}}; q_{\text{Zn}}; q_{\text{Fe}}; q_{\text{Mn}})$$



IAP

$$\text{IAP} = \text{IQA} \times \text{ISTO}$$

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < \text{IAP} \leq 100$
BOA	$51 < \text{IAP} \leq 79$
REGULAR	$36 < \text{IAP} \leq 51$
RUIM	$19 < \text{IAP} \leq 36$
PÉSSIMA	$\text{IAP} \leq 19$

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → *IET*

O Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar 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.

❖ Rios

$$IET (CL) = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln CL)) / \ln 2)) - 20$$

$$IET (PT) = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural.

O resultado dos valores mensais apresentados nas tabelas do IET será a média aritmética simples:

$$IET = [IET (PT) + IET (CL)] / 2$$

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → IET

Classificação do Estado Trófico - Rios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$		$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$		$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$		$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$		$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$		$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
Hipereutrófico	$IET > 67$		$640 < P$	$7,46 < CL$
Classificação do Estado Trófico - Reservatórios				
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$S \geq 2,4$	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$2,4 > S \geq 1,7$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$1,7 > S \geq 1,1$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$1,1 > S \geq 0,8$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$0,8 > S \geq 0,6$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$0,6 > S$	$233 < P$	$69,05 < CL$

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → IVA

O IVA é formado por dois índices: o IPMCA (Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática) e pelo IET (Índice de Estado Trófico).

O IPMCA é composto por dois grupos de variáveis:

- grupo de substâncias tóxicas (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis);
- grupo de variáveis essenciais (oxigênio dissolvido, pH e toxicidade)

Para cada variável incluída no IPMCA, são estabelecidos três diferentes níveis de qualidade, com ponderações numéricas de 1 a 3

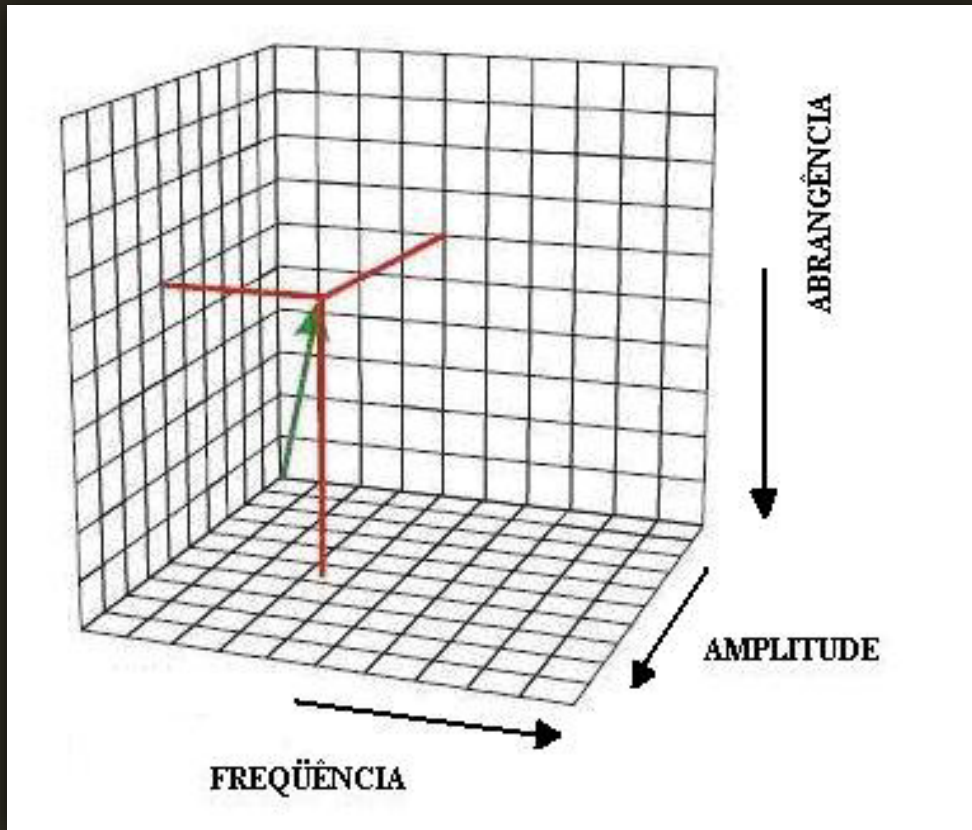
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → *ICE*

❖ ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO – ICE

A conformidade é a verificação do atendimento ao enquadramento, ou em outras palavras, se a condição do corpo hídrico está próxima ou não do enquadramento de valor legal, isto é, o quanto está “aderida” ao enquadramento vigente.

Este índice é baseado no CCME WQI (Canadian Council of Ministers of the Environmental Water Quality Index) desenvolvido em 1997, e avalia a condição do corpo hídrico em relação a determinados objetivos de qualidade da água anteriormente definidos.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → *ICE*



Os três fatores que compõem o índice representam:

- A abrangência do impacto causado pela desconformidade;
- A frequência com que as desconformidades ocorrem;
- E a amplitude da desconformidade, isto é, o desvio em relação ao valor objetivo da variável de qualidade da água.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → *ICE*

❖ ABRANGÊNCIA

Representa a abrangência das desconformidades, isto é, o **número de variáveis de qualidade da água que violaram os limites desejáveis** pelo menos uma vez no período de observação.

❖ FREQUÊNCIA

Representa a **porcentagem de vezes que as variáveis de qualidade da água estiveram em desconformidade em relação ao número de observações**, isto é, aos testes para comparar o valor observado com o padrão (critério) estabelecido.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → *ICE*

❖ AMPLITUDE

Representa a quantidade pela qual o valor testado falhou, isto é, a diferença entre o valor observado e o valor desejado de acordo com o objetivo de qualidade da água. O fator F_3 é calculado em três etapas:

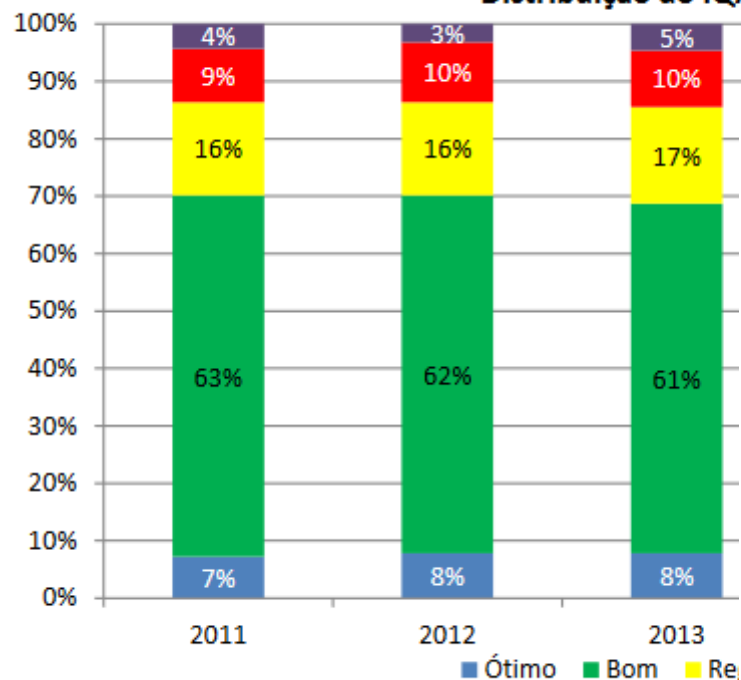
- O número de vezes em que a concentração individual é maior que (ou menor que, quando o objetivo é um mínimo), ou seja, quando o valor do teste não deve exceder o objetivo.
- A reunião dos testes individuais que estão fora da conformidade é calculada somando todas as variações individuais que não atenderam aos objetivos e dividindo pelo número total de testes. Esta variável denominada como a soma normalizada das variações, ou *snv*
- O valor de F_3 é calculado pela soma normalizada das variações dos objetivos (*snv*), sendo que estas foram reduzidas a uma variável entre 0 e 100.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA → *ICE*

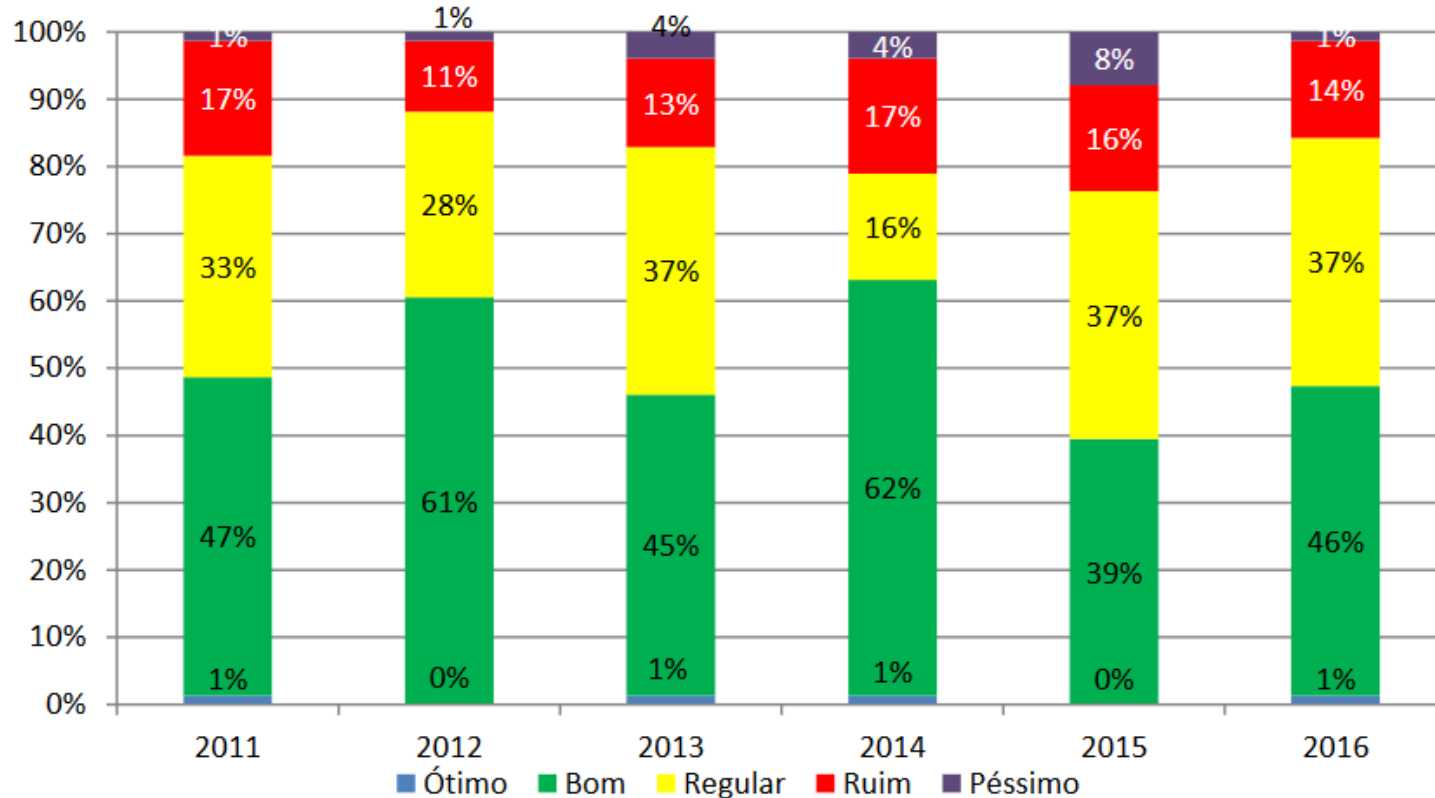
- ▶ **Excelente:** (95 - 100) – a qualidade da água é protegida, ausência de ameaça ou impacto virtual; condições muito perto dos níveis naturais. Estes valores de índice podem somente ser obtidos se todas as medidas estiverem dentro dos objetivos durante todo o tempo.
- ▶ **Bom:** (80 – 94) - a qualidade de água é protegida, apresenta somente um grau pequeno de ameaça ou impacto; as circunstâncias ocorrem raramente nos níveis naturais ou desejáveis.
- ▶ **Mediano:** (65 – 79) - a qualidade de água geralmente é protegida, mas ameaçada ocasionalmente ou danificada; as circunstâncias ocorrem às vezes nos níveis naturais ou desejáveis.
- ▶ **Marginal:** (45 – 64) - a qualidade de água frequentemente é ameaçada ou danificada; as circunstâncias ocorrem frequentemente nos níveis naturais ou desejáveis.
- ▶ **Ruim:** (0 – 44) - a qualidade de água quase sempre é ameaçada ou danificada; as circunstâncias ocorrem geralmente nos níveis naturais ou desejáveis.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Distribuição do IQA entre 2011 e 2016

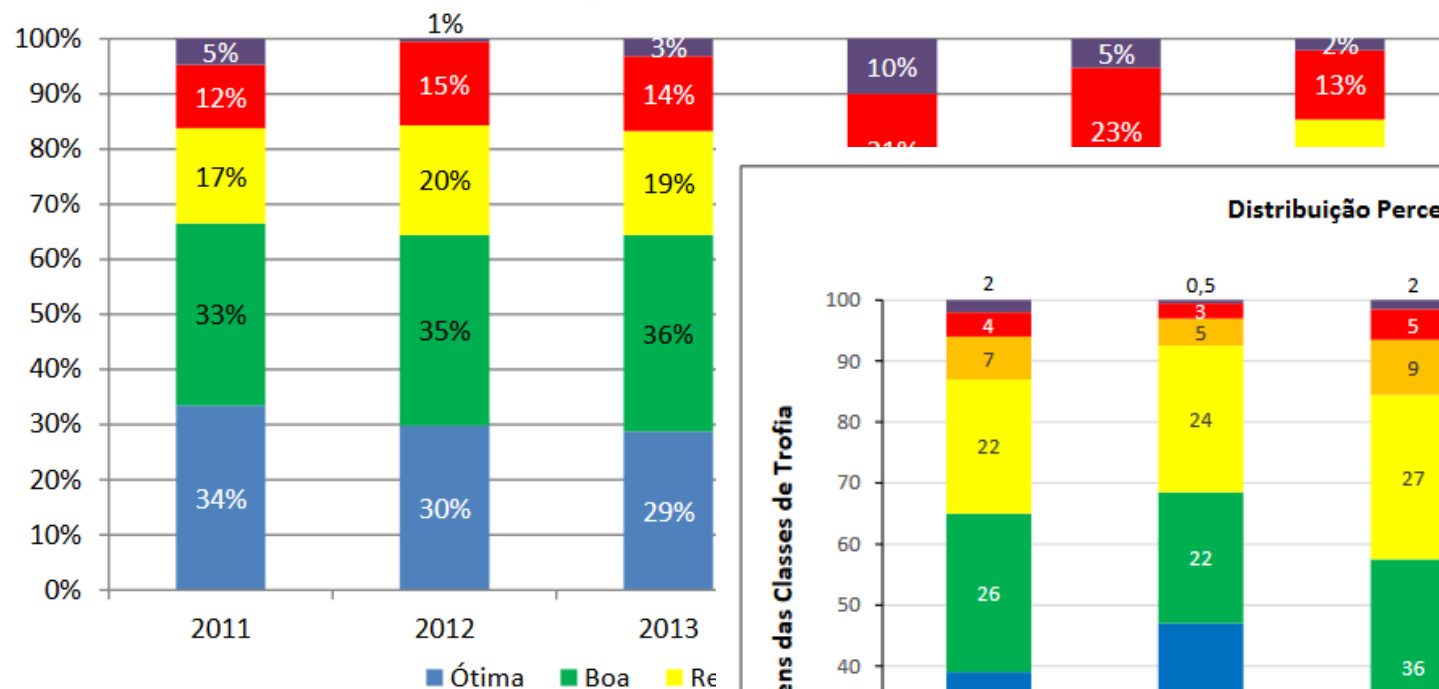


Distribuição do IAP entre 2010 e 2015

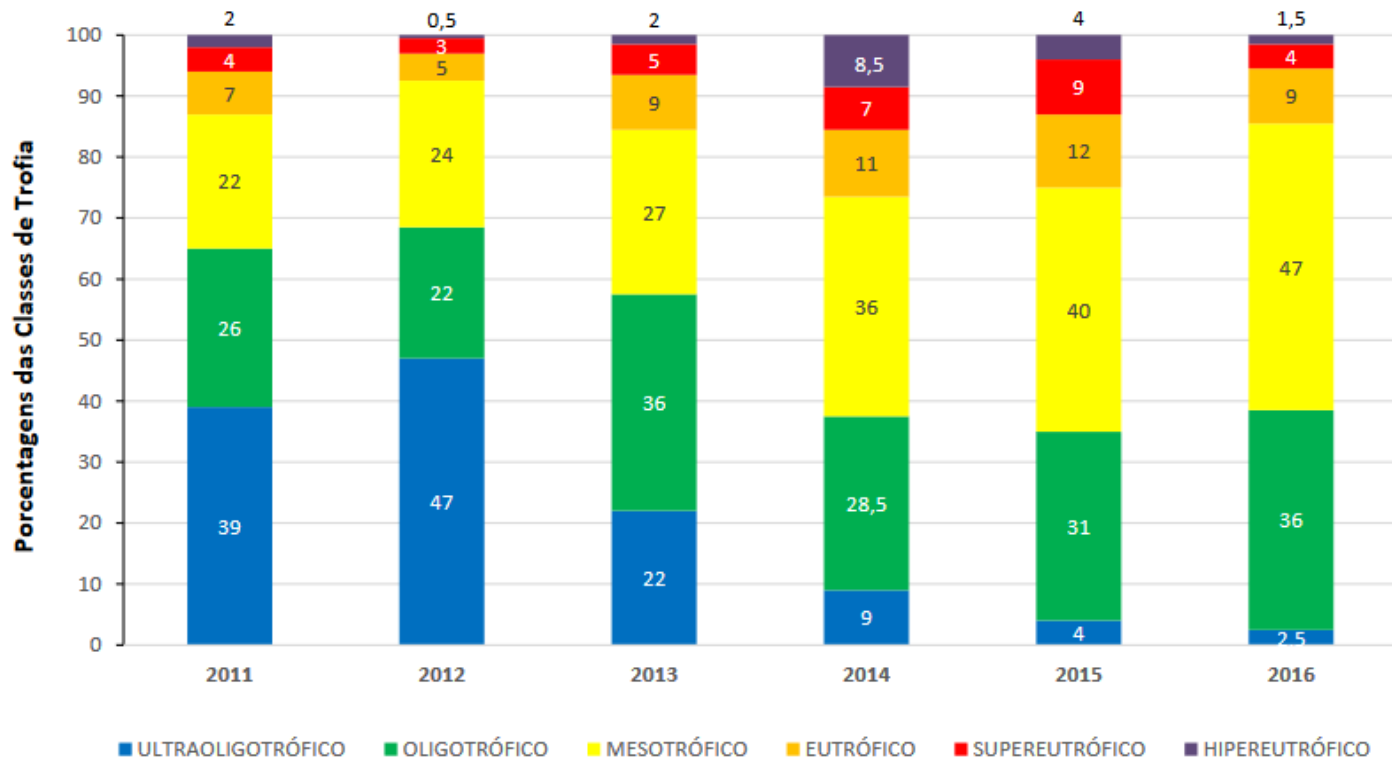


ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Distribuição do IVA de 2011 a 2016



Distribuição Percentual do IET de 2011 a 2016



EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

❖ EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO



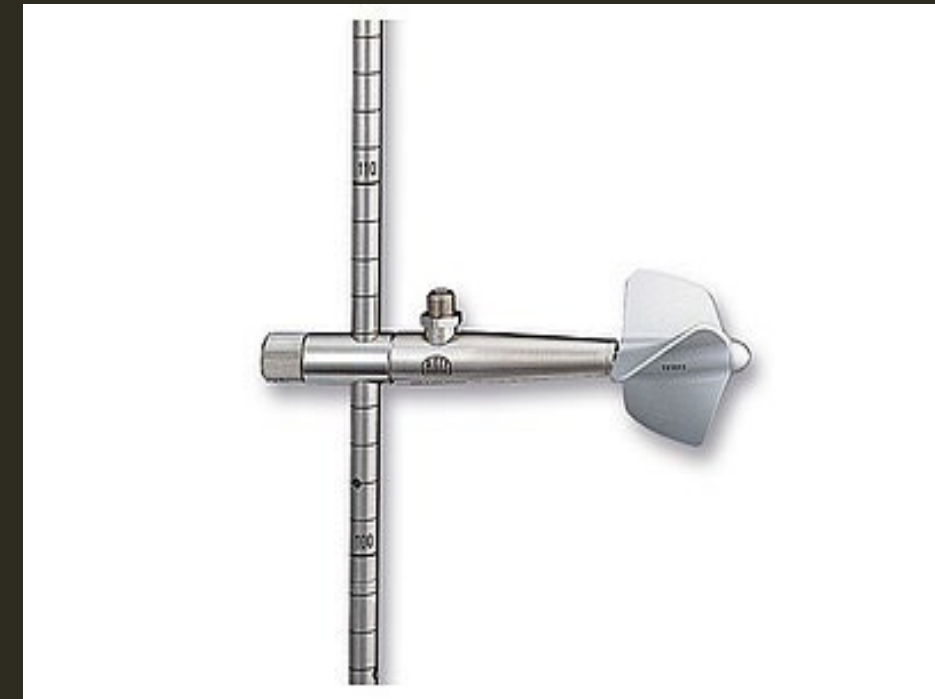
PROJETO DE MONITORAMENTO

❖ EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO



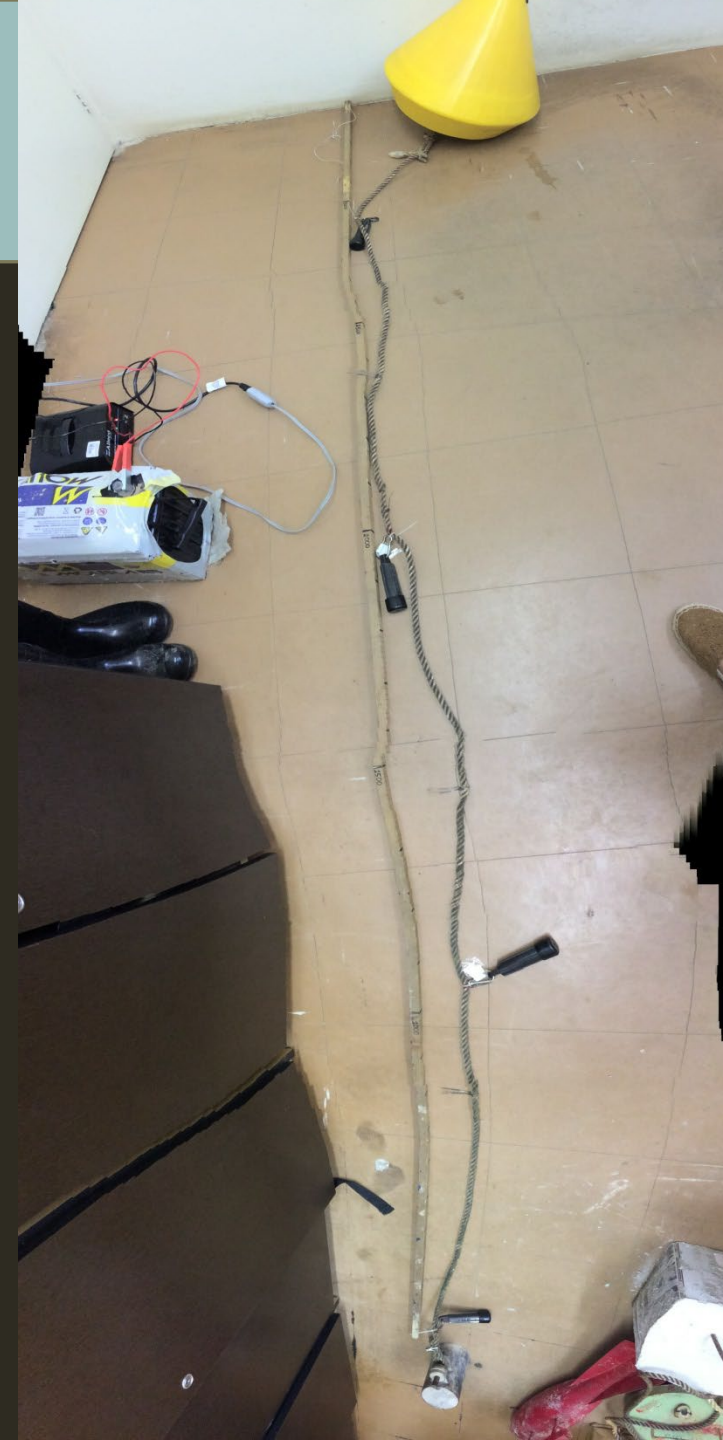
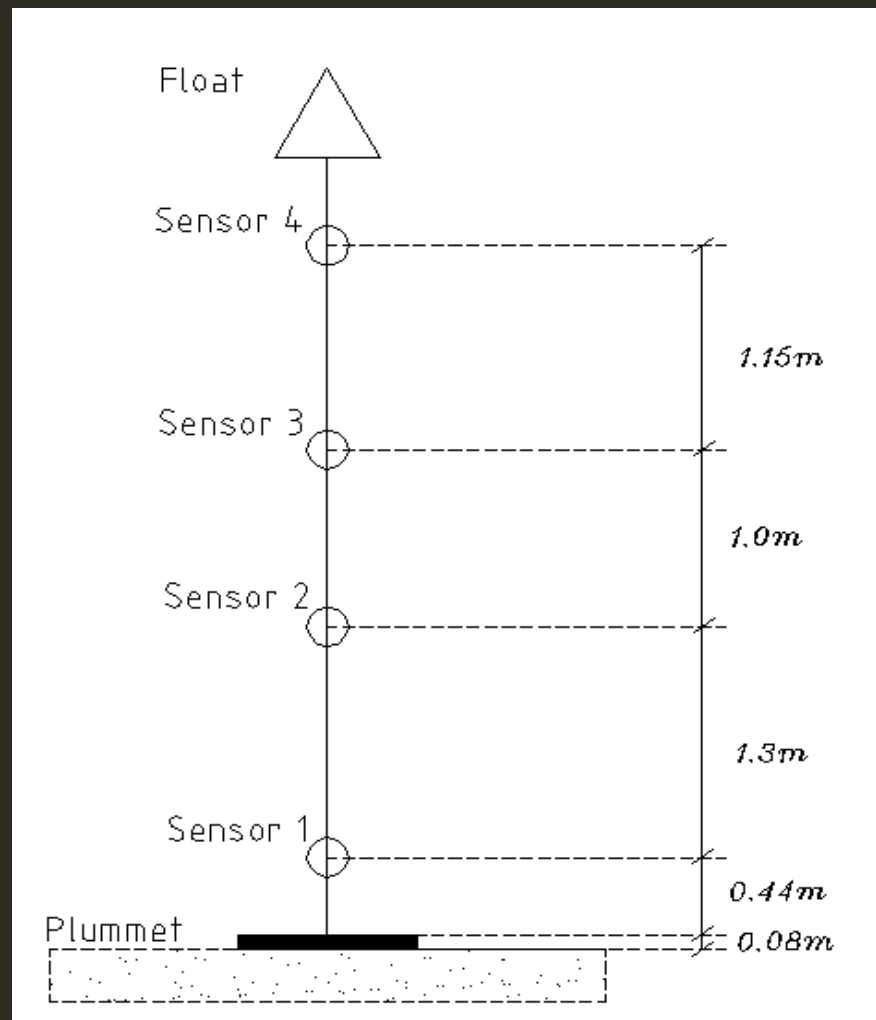
EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

❖ EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO



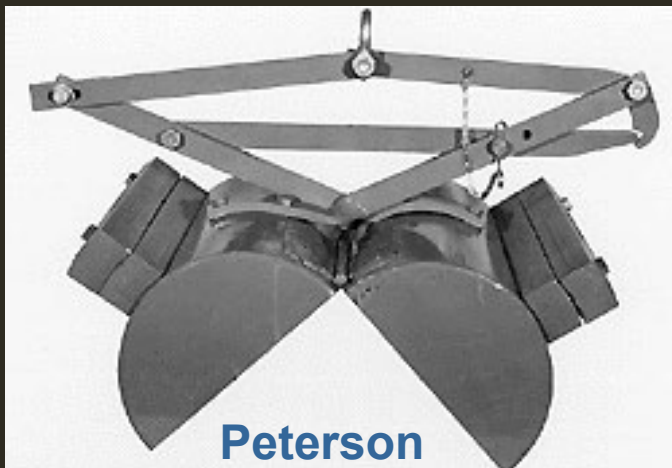
EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

❖ EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

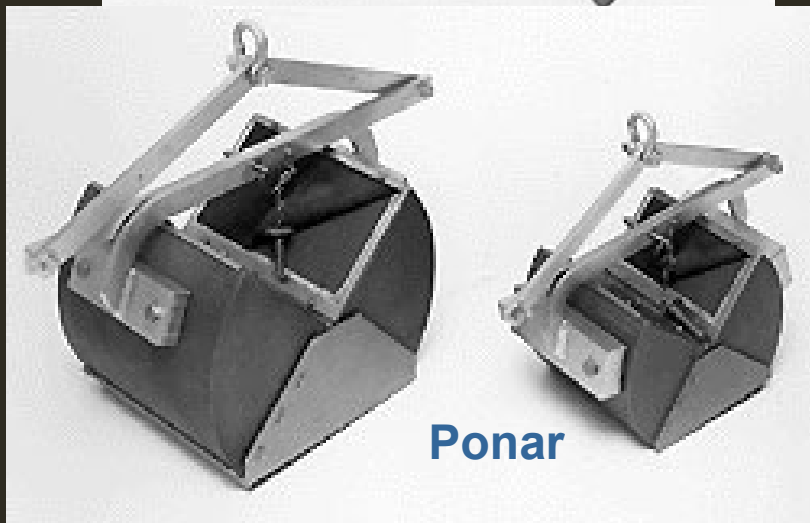


EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

❖ EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO



Peterson



Ponar



EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

❖ EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO



EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

❖ EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO



FIM!

Obrigada

Lais Ferrer Amorim de Oliveira
Fábio Ferreira Nogueira

