



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E  
AMBIENTAL  
PHA 3337 – Água em Sistemas Urbanos

---

## SEMINÁRIO

# Análise do projeto de macrodrenagem do córrego Pirajuçara e da qualidade da água drenada

Professor Dr. Joaquin Ignacio Bonnacarrere Garcia

Bruna Minelli Martines – 9347448

Fernando de Aguiar – 8044400

Lucas Arruda Coimbra – 8585630

Luccas Henrique Moita – 8589231

João Pedro de Andrade Casari – 8043416

Victor Enrique Teixeira Ortega – 8039241

Vanessa Garcia Almeida Ferreira – 6795572

São Paulo

**Sumário**

1. Introdução .....	3
2. O processo de macrodrenagem .....	4
3. O córrego Pirajuçara a sua bacia .....	5
4. O projeto de macrodrenagem.....	9
a) Implantação dos Reservatórios.....	9
b) Análise Hidrológica.....	10
c) Análise Hidráulica .....	12
d) Estimativa de Custos .....	12
5. Cargas difusas e a qualidade da água drenada .....	12
6. Conclusão .....	17
7. Referências bibliográficas .....	18

## 1. Introdução

O sistema de drenagem urbana é parte do planejamento da infraestrutura de uma cidade e cumpre o papel fundamental de retirar o escoamento das águas de seu sentido natural e direcioná-lo para locais mais convenientes, evitando as enchentes e as cheias que são recorrentes em uma cidade como São Paulo. Um projeto de macrodrenagem sofre influência direta de fatores como a realidade física da bacia a montante, o regime hidrológico da região e as características de uso e ocupação do solo. Em São Paulo, o escoamento superficial, maior responsável pelos dois problemas citados acima, é intensificado pela intensa impermeabilização do solo. Além disso, qualquer alteração a montante da bacia (como canalizações) já altera não só o volume a ser escoado, mas também a velocidade e a área molhada. Por isso, é importante salientar que um sistema adequado de drenagem aparece para poder condicionar esse evento de forma que traga benefícios ou, ao menos, possa controlar os prejuízos causados à população.

A motivação para o estudo do córrego Pirajuçara vem justamente do fato de que seu trecho final passa dentro do *campus* da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira (CUASO), onde é ministrada a aula de Águas em Sistemas Urbanos. Por cumprir um papel de drenagem de sua bacia, o grupo optou por levantar características que envolvessem o projeto de macrodrenagem, relacionado diretamente ao controle de cheias da Zona Oeste e Região Metropolitana limítrofe, e a quantidade de obras que de fato saíram do papel, bem como a qualidade da água escoada. A história do córrego está intimamente ligada à rotina da Cidade Universitária, na maior parte das vezes de forma negativa. Jornais antigos retratam a realidade quase que recorrente de alagamentos que acometiam a entrada do *campus* mesmo diante de chuvas com período de retorno curto.

*“Pirajuçara vai ser canalizado. Atendendo à solicitação feita pelo Fundo de Construção da cidade Universitária, o prefeito Paulo Salim Maluf determinou urgentes providências para a execução das obras de canalização de cerca de 1 km do córrego Pirajuçara, da sua embocadura do rio Pinheiros para trás.” A Gazeta de Pinheiros, 23 de janeiro de 1970.*

A obra acima não foi sequer iniciada naquele ano, só tendo sido concluída em partes no ano de 1976 por conta do conflito com a obra viária do expresso Sumaré. Vinte e seis anos depois, em 1996, Paulo Maluf era novamente prefeito da cidade de São Paulo e promoveu o alargamento da seção do Pirajuçara no trecho da Cidade Universitária após pressão dos moradores da região, evitando o alagamento de uma área equivalente a 15% da bacia.



**Figura 1.** Pedra fundamental da obra de alargamento do córrego Pirajuçara. Fonte: Acervo próprio.

A situação histórica, o panorama de obras projetadas e realizadas, dados da bacia, população afetada e qualidade da água escoada serão tratadas adiante no relatório do seminário.

## **2. O processo de macrodrenagem**

O Projeto de Drenagem Urbana é composto por dois sistemas: o Sistema Inicial de Drenagem (Microdrenagem) e o Sistema de Macrodrenagem. O primeiro é composto pelas ruas, sarjetas, bocas de lobo, redes de galeria de águas pluviais e canais de pequena dimensão. A macrodrenagem, por sua vez, envolve canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões, para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno.

Com o objetivo de minimizar os riscos e prejuízos em áreas de extensão significativas, as diretrizes de um projeto de macrodrenagem devem ser ou o afastamento rápido dos excessos de água, que pode ser conquistado por meio de obras de melhorias e retificações no canal, reversão de bacias, canalizações e diques de contenção, ou o amortecimento dos hidrogramas de cheias. por meio de bacias de detenção ou de retenção ou pela retenção no canal com soleiras.

O planejamento da macrodrenagem é específico para cada cidade, e deve envolver aspectos de uso e estéticos, ao mesmo tempo que garanta sua capacidade de escoamento e qualidade mínima de projeto. Dessa forma, é necessário um Plano de Ação que considere um cenário a curto e outro a longo prazo, descritos em um plano diretor de drenagem. Um projeto desse escopo deve considerar o uso e ocupação do solo, tanto atualmente quanto a previsão para o futuro, o que inclui uma preocupação com a necessidade de desapropriações. É importante que sejam tomadas iniciativas que busquem mitigar os impactos das mudanças na realidade da população afetada, não só indenizá-los.

Para que o projeto seja economicamente viável e otimizado, além de diminuir o tempo de interferência no trecho, é favorável que os programas de implantação sejam sincronizados com obras de microdrenagem com a implantação de outras obras de infraestrutura urbana. Uma melhor análise, sincronização e acompanhamento só serão possíveis com um cronograma físico e financeiro para a execução das obras. Por sua vez, o projeto e as obras devem ser aprovados junto à população e aos órgãos competentes. Dentro das especificações que deve atender, existe a necessidade de avaliação de impactos ambientais, considerando, inclusive, a melhoria da qualidade das águas pluviais.

Finalmente, pensando num menor custo de manutenção e na extensão da vida útil do sistema, deve-se avaliar medidas preventivas que diminuam a necessidade de obras, como a manutenção de várzeas de inundação naturais, prever sistemas de fiscalização da ocupação do solo e ainda conscientizar sobre a importância da manutenção adequada das obras futuras. Atualmente, são observados diferentes tipos de canalização urbana, em que prevalecem o *tunnel liner* (opção não destrutiva feita em aço corrugado) e o concreto pré-moldado.

### 3. O córrego Pirajuçara a sua bacia

A bacia do córrego Pirajuçara está localizada na zona oeste da cidade de São Paulo e na região metropolitana limítrofe, abrangendo os municípios de Taboão da Serra e de Embu, ocupando uma área de 72 km<sup>2</sup>. Seu formato é alongado, possuindo uma largura que gira em torno de 3 a 5 km, atingindo 6 a 7 km na região de montante. É também formado pelo córrego Poá, que deságua na margem esquerda do Pirajuçara.

Cidade	Área da Bacia	% da Área
São Paulo	36,5	50,7%
Taboão da Serra	20,0	27,8%
Embu	15,5	21,5%
<b>Total</b>	<b>72,0</b>	<b>100%</b>

Tabela 1. Distribuição das áreas da bacia pelos municípios que a compõe.



Figura 2. Bacia hidrográfica do Pirajuçara. Fonte: DAEE (2017).

Em termos altimétricos, a bacia apresenta uma diferença de cotas topográfica da ordem de 120 metros, que compreende o trecho da desembocadura até o topo da divisa com a bacia do Embu-Mirim. O Pirajuçara possui um comprimento de 18.577 metros, dos quais 6.285 metros (33,83%) são canalizados (figura 4). Geomorfologicamente, a bacia é caracterizada por apresentar rochas muito estruturadas, com falhas, o que a classifica como sendo uma bacia de colinas pequenas e de morrotes, ou ainda, de morros baixos, devido às declividades da ordem de 15% a 20%.

Do ponto de vista da liberação de sedimentos, destaca-se os seguintes pontos que são relativos à constituição geológica, à natureza do solo de cobertura e à topografia.

- Poucos são os trechos do rio em que se observa erosão natural, que ocorrem isoladamente em alguns taludes marginais;
- O ravinamento do relevo não é extenso e, mesmo nos taludes construídos pelo homem, não há presença notável de erosão ou desagregação;
- O escoamento é facilitado pelas encostas e vertentes íngremes;
- O assoreamento é proporcionado por sedimentos finos (argilas, siltes e areias finas), havendo registro de depósitos com componentes de dimensões granulares a até blocos de dimensões centimétricas;

- O assoreamento que ocorre no estacionamento da antiga Sharp (mais adiante será mostrado a importância desse estacionamento) é predominantemente causado por areias médias;

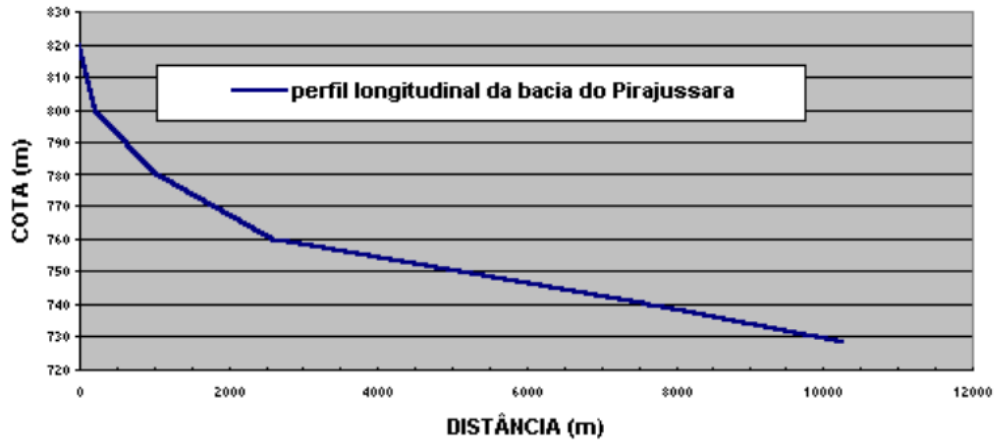


Figura 3. Perfil longitudinal da bacia do Pirajuçara.

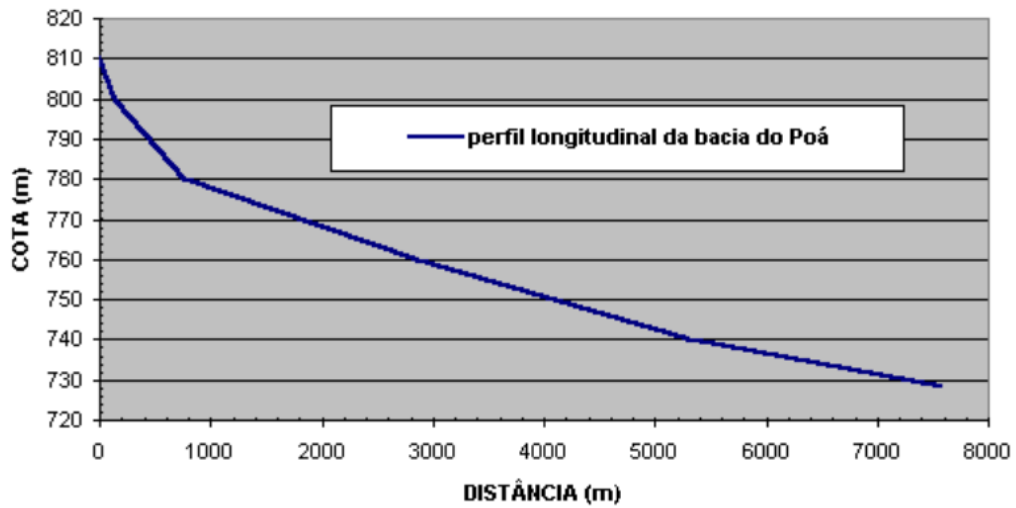


Figura 4. Perfil longitudinal da bacia do Poá.



Figura 5. Vista aérea do piscinão da Sharp, localizado na região do Campo Limpo. Fonte: [cpienchentes.wordpress.com](http://cpienchentes.wordpress.com)

Os pontos abaixo, por sua vez, são referentes à ação antrópica.

- A ocupação da bacia é praticamente total, predominando edificações de padrão inferior;
- O entulho de construção civil não é corretamente descartado, permanecendo nos arredores das edificações ou encostas próximas;
- Por conta do item anterior, sempre que há chuva, tal entulho é carregado pelo escoamento (que é forte), aumentando muito a carga sedimentar;



**Figura 6.** Trecho do Pirajuçara canalizado dentro da Cidade Universitária. Fonte: Acervo próprio.

### **Enchentes e Inundações**

Conforme dito na introdução, a história do Pirajuçara é marcada pelas enchentes e inundações causadas em seu leito. Destaca-se dois trabalhos atualizados que são utilizados para entender e mitigar o problema:

- Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – Bacia do Rio Pirajuçara – Diagnóstico Geral e Ações Recomendadas – Revisão 1, de 1999, elaborado pelo Consórcio Enger – Promon – CKC, parte integrante dos estudos do DAEE;
- Relatório de Impacto Ambiental do Projeto Pirajuçara – Controle de Cheias Através de Túnel de Derivação, elaborado pela JNS – Engenharia, Consultoria e Gerenciamento S/C Ltda que integra os estudos do GEPROCAV;

Do estudo do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), confeccionou-se duas soluções para resolver o problema das enchentes, e tais soluções serão mostradas adiante. Optou-se pela solução 2, que previa a construção de 16 bacias de detenção, chamados popularmente de “piscinões”. O orçamento inicial, com dinheiro na data-base de março de 1999, estava estimado em **R\$ 139.207.634,91**. Em valores presentes (outubro de 2017), tal montante representa algo em torno de **R\$ 580 milhões** (considerando o IGP-M, medido pela

FGV desde junho de 1989). Pelas informações levantadas pelo grupo, o *status* atual das obras está detalhado na tabela abaixo.

	<b>Piscinão</b>	<b>Município</b>	<b>Ano</b>	<b>Capacidade (m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	Nova República	Embu	2000	110.000
<b>2</b>	Parque Pinheiros	Taboão da Serra	2000	117.000
<b>3</b>	Portuguesinha	Taboão da Serra	2003	120.000
<b>4</b>	CPTM/Maria Sampaio	São Paulo	2004	120.000
<b>5</b>	Elisei de Almeida	São Paulo/Taboão da Serra	2004	113.000
<b>6</b>	Sharp	São Paulo	2010	500.000
<b>7</b>	Olaria	São Paulo	-	120.000
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>1.080.000</b>
<b>TOTAL</b>				<b>1.200.000</b>

**Tabela 2.** Capacidade de reservação dos piscinões da bacia do Pirajuçara. Fonte: DAEE.

Agora, seguem as informações sobre o custo de cada uma das obras, a responsabilidade pela administração e o quanto o orçamento já gasto representa em relação ao que era esperado inicialmente. Como o piscinão Olaria ainda não foi inaugurado, não se tem uma boa estimativa do montante que de fato foi gasto.

	<b>Piscinão</b>	<b>Administração</b>	<b>Custo data-base</b>		<b>Custo corrigido</b>	
<b>1</b>	Nova República	Prefeitura Embu/DAEE	R\$	6.900.000,00	R\$	24.357.277,38
<b>2</b>	Parque Pinheiros	Prefeitura Taboão/DAEE	R\$	5.200.000,00	R\$	18.356.209,04
<b>3</b>	Portuguesinha	Prefeitura Taboão/DAEE	R\$	7.000.000,00	R\$	15.653.269,10
<b>4</b>	CPTM/Maria Sampaio	Prefeitura de São Paulo	R\$	8.100.000,00	R\$	16.944.692,13
<b>5</b>	Elisei de Almeida	Prefeitura de São Paulo	R\$	11.700.000,00	R\$	23.381.763,21
<b>6</b>	Sharp	Prefeitura de São Paulo	R\$	34.600.000,00	R\$	55.491.016,36
<b>TOTAL</b>			<b>R\$</b>	<b>73.500.000,00</b>	<b>R\$</b>	<b>154.184.227,22</b>

**Tabela 3.** Responsáveis pela administração, custo na data-base do empreendimento e custo corrigido para outubro de 2017 dos piscinões já concluídos. Fonte: DAEE.

$$\text{Verba Consumida} = R\$ 154.184.227,22 / R\$ 582.769.000,81 = 26,46\%$$

Nessa análise, considerando um custo médio por piscinão, pode-se inferir que o custo das obras está dentro do que era previsto. No entanto, deixa a desejar por parte do poder público a celeridade para a conclusão das obras, dado que, passados quase 18 anos, pouco menos de 38% dos piscinões foram construídos.



**Figura 7.** Serra e Kassab, então governador e prefeito, inaugurando o piscinão da Sharp.



#### 4. O projeto de macrodrenagem

Para solucionar os problemas dos constantes alagamentos na bacia, foram elaborados estudos hidrológicos para analisar as possibilidades de intervenção. As simulações hidrológicas foram efetuadas com o auxílio do modelo CABIC (Análise de Bacias Complexas), desenvolvido pelo FCTH (1998), o qual se baseia na metodologia do HUT (Hidrograma Unitário Triangular) do USCS (US Soil Conservation Service). Baseado nesses estudos, foram realizadas simulações hidrológicas considerando dois cenários para a bacia, no ano de 2020, que seriam as condições com e sem obras de derivação ou de contenção. Ainda pensando nas obras a serem executadas, foram elaboradas duas alternativas.

**Alternativa 1: Solução em Túnel de Derivação.** Essa alternativa se trata de um túnel de desvio com emboque situado logo a jusante da Régis Bittencourt e do ribeirão Poá, previsto pelo GEPROCAV - PMSP (Grupo Executivo dos Programas de Canalização de Córregos, Implantação de Vias e Recuperação Ambiental e Social de Fundos de Vale - Prefeitura Municipal de São Paulo) para aliviar as condições hidráulicas de funcionamento da galeria de concreto existente sob esse trecho. No estudo elaborado, a galeria existente tem uma capacidade de descarga estimada de 88 m<sup>3</sup>/s, com a construção do túnel (de cerca de 5 km de extensão), a vazão passaria a ser de 180 m<sup>3</sup>/s (os estudos levaram em consideração um período de retorno de 25 anos). Além desse túnel, para que o sistema funcione como esperado é necessário que todos os trechos a montante sejam adequadamente canalizados além de ser necessária a construção de dois reservatórios de retenção na parte de montante da bacia, que seriam implantados pelo DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica).

**Alternativa 2: Construção de Reservatório de Amortecimento de Cheias.** Nessa alternativa, foi planejada a construção de um sistema composto de 16 reservatórios de amortecimento de cheias, sendo 12 no rio Pirajuçara e 4 no ribeirão Poá, além de mais trechos de canalização entre os reservatórios, sem a necessidade de construir o túnel de desvio. Nesse sistema estão inclusos os dois reservatórios propostos na alternativa 1. Com os reservatórios, as descargas para jusante serão minimizadas e, conseqüentemente, haverá redução nos custos de obras futuras de melhoria dos diversos trechos a serem canalizados a jusante de cada reservatório.

**Considerações:** *i)* cada uma das alternativas propostas deve ser capaz de suportar vazões com período de retorno de 25 anos; *ii)* a vazão remanescente na alternativa 1 equivale à diferença entre a vazão total afluyente e a capacidade máxima de desvio do túnel, que foi fixada em 180 m<sup>3</sup>/s; *iii)* a vazão escoada na alternativa 2 será menos devido ao amortecimento nos reservatórios.

Munido dessas informações e considerações, aliado ao fato de que possui menores vazões, tem um maior controle de descargas, possui maior tempo de percurso e tem menores custos de manutenção, **Alternativa 2 é a mais barata e possui um melhor custo benefício, sendo, portanto, a escolhida. Ela será melhor descrita adiante.**

##### a) Implantação dos Reservatórios

Na análise realizada pelo PDMAT (Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê), o sistema de drenagem do rio Pirajuçara, mais especificamente a galeria sob a Av. Eliseu de Almeida, apresenta extrema precariedade e consegue atender apenas situações da ordem de 2 anos de período de retorno, cerca de 38 mm de chuva durante duas horas. Ainda na análise do PDMAT, a construção dos reservatórios foi dividida em duas fases.

1ª: construção de 8 reservatórios no Rio Pirajuçara, totalizando  $1.200.000 \text{ m}^3$  de volume armazenado, que permitem que a rede de drenagem funcione adequadamente para um período de retorno de 10 anos;

2ª: construção de 6 reservatórios, 4 no Rio Pirajuçara e 2 no Poá, totalizando  $540.000 \text{ m}^3$  armazenado, atendendo um período de retorno de 25 anos.

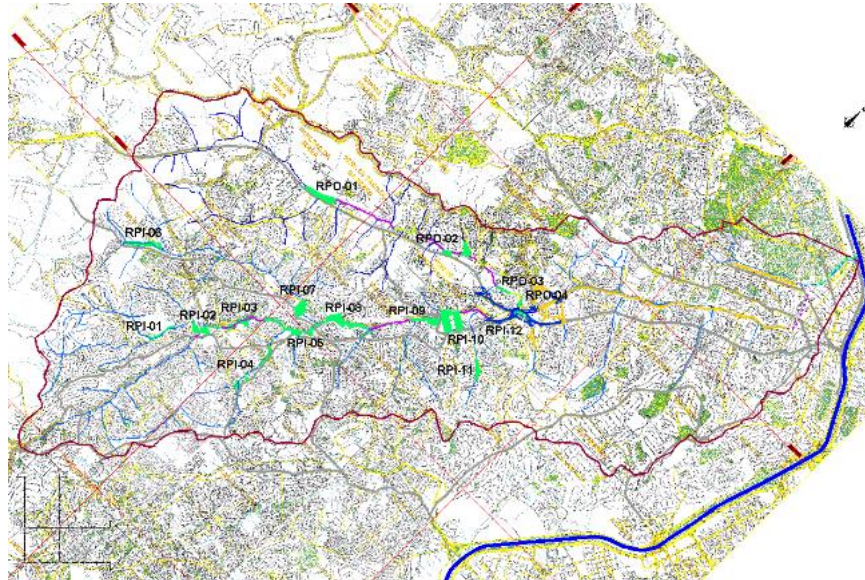


Figura 8. Bacia do Pirajuçara com os pontos de instalação dos 16 piscinões.

### b) Análise Hidrológica

Para a aplicação do modelo CABIC, as bacias do Pirajuçara e do Ribeirão Poá foram segmentadas em 35 sub-bacias, como pode ser visto na imagem abaixo.

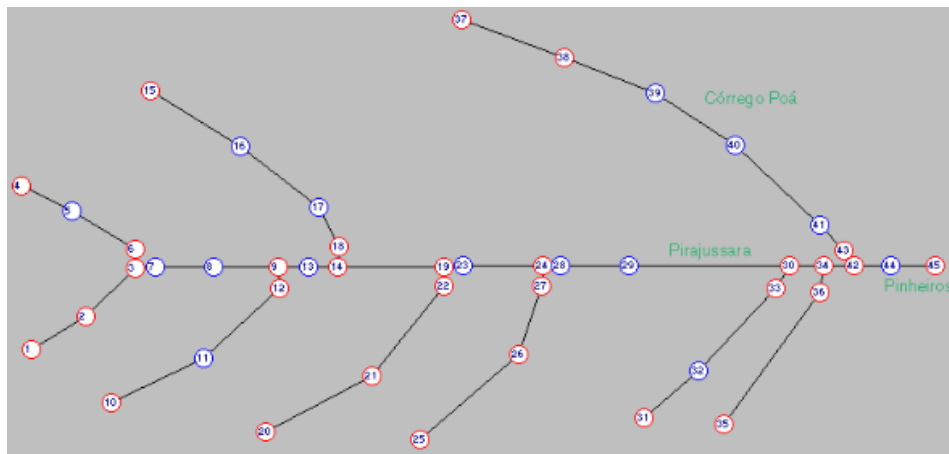


Figura 9. Nós oriundos das divisões da bacia.

Nas simulações realizadas nos estudos hidrológicos, os reservatórios RPI-05 e RPI-06 foram considerados como um só devido a sua proximidade, somando suas áreas e volumes disponíveis. Sabendo que a galeria sob a Avenida Eliseu de Almeida tem uma capacidade de  $88 \text{ m}^3/\text{s}$ , foram realizadas simulações para períodos de retorno de 10 e 25 anos, sempre respeitando a restrição da galeria. Uma configuração inicial com 10 reservatórios reduziria a vazão para  $83 \text{ m}^3/\text{s}$ , para  $T = 10$  anos. Com 16 reservatórios, chegar-se-ia em  $T = 25$  anos com uma vazão de  $84 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Configuração com 10 ou 16 reservatórios (T = 10 anos)	Nó	Área Disponível (m <sup>2</sup> )	Volume Máximo dos Reservatórios (m <sup>3</sup> )	Área Drenagem Parcial (km <sup>2</sup> )	Área Drenagem Total (km <sup>2</sup> )	Vazão T = 10 anos (m <sup>3</sup> /s)	
						AFLUENTE	DEFLUENTE
RPI-01	5	29.233	84.410	3,70		29	15
RPI-02	7	36.962	106.728	5,00	8,70	46	31
RPI-03	8	42.305	122.156	1,20	9,90	34	23
RPI-04	11	17.363	50.136	2,40		22	13
RPI-05	13	46.996	135.701	2,00	14,30	33	33 (27)
RPI-06	16	45.559	131.552	1,60		19	19 (3)
RPI-07	17	45.177	130.448	4,50		47 (37)	21 (15)
RPI-08	23	58.154	167.920	3,70	24,10	58 (40)	58 (35)
RPI-09	28	35.121	101.412	3,20	27,30	60 (38)	57 (34)
RPI-10	29	98.320	283.899	1,10	28,40	57 (34)	44 (27)
RPI-11	32	20.909	60.375	0,64		8	2
	30			2,94	31,98	44	44 (37)
	34			4,59	36,57	73	73
RPO-01	39	52.818	152.512	8,30		56	34
RPO-02	40	40.285	116.323	6,30		57	40 (40)
RPO-03 E POR-04	41			1,50	52,67	40	40
RPI-12	42					83 (73)	83 (65)

Tabela 4. Simulação hidrológica.

Configuração com 16 reservatórios (T = 25 anos)	Nó	Área Disponível (m <sup>2</sup> )	Volume Máximo dos Reservatórios (m <sup>3</sup> )	Área Drenagem Parcial (km <sup>2</sup> )	Área Drenagem Total (km <sup>2</sup> )	Vazão T = 25 anos (m <sup>3</sup> /s)	
						AFLUENTE	DEFLUENTE
RPI-01	5	29.233	84.410	3,70		37	21
RPI-02	7	36.962	106.728	5,00	8,70	60	44
RPI-03	8	42.305	122.156	1,20	9,90	47	34
RPI-04	11	17.363	50.136	2,40		289	18
RPI-05	13	46.996	135.701	2,00	14,30	48	41
RPI-06	16	45.559	131.552	1,60		24	4
RPI-07	17	45.177	130.448	4,50		48	22
RPI-08	23	58.154	167.920	3,70	24,10	60	53
RPI-09	28	35.121	101.412	3,20	27,30	52	50
RPI-10	29	98.320	283.899	1,10	28,40	50	42
RPI-11	32	20.909	60.375	0,64		10	10
	30			2,94	31,98	48	48
	34			4,59	36,57	95	95
RPO-01	39	52.818	152.512	8,30		72	47
RPO-02	40	40.285	116.323	6,30		75	54
RPO-03 E POR-04	42	12.181	35.114	1,50	52,67	54	54
RPI-12		15.179	63.443			95	84

Tabela 5. Simulação hidrológica.

**c) Análise Hidráulica**

Na alternativa 2, apesar de suas vantagens em relação à alternativa 1, o fundo de projeto (ou seja, as obras iniciais necessárias para implantação dos reservatórios) suportaria apenas situações com período de retorno de 10 anos. Para atingir o objetivo de 25 anos, o novo fundo revestido deve ser pelo menos 1,40 metros mais baixo que o fundo necessário para a alternativa 1, no seu tramo mais central, e em todo o sistema, o rebaixamento médio seria de 0,70 metros. Esse rebaixamento provoca um gasto adicional, uma vez que há necessidade de atirantamento das paredes dos dutos, em pelo menos 5.100 m da extensão do córrego Pirajuçara.

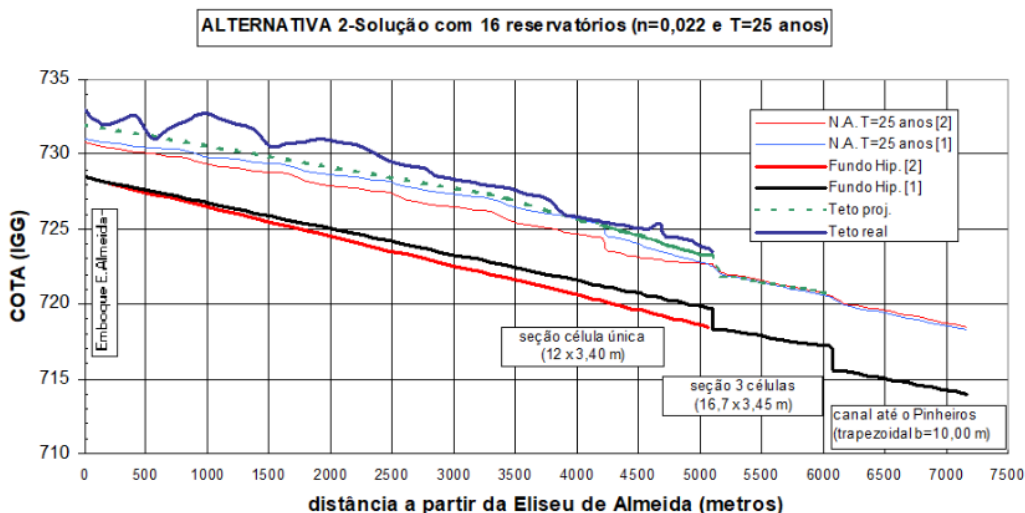


Gráfico 1. Gráfico de cotas para escolha de alternativas.

**d) Estimativa de Custos**

Os custos indicados abaixo, conforme dito na introdução, estão indicados na data-base de março de 1999.

Alternativa 2 - Etapas	Preço
Implantação dos reservatórios previstos	R\$ 89.975.095,73
Reforço do canal no Pirajuçara Superior	R\$ 5.936.741,98
Reforço do canal do Ribeirão Poá	R\$ 5.820.280,50
Implantação das obras de poderização, bombeamento e recomposição do entorno do canal	R\$ 3.500.000,00
Obras de revestimento do fundo do canal sob a Av. Eliseu de Almeida	R\$ 33.975.516,70
<b>Total</b>	<b>R\$ 139.207.634,91</b>

Tabela 6. Custos associados à alternativa 2, indicados na data-base de março de 1999.

**5. Cargas difusas e a qualidade da água drenada**

As cargas difusas são as que geram a poluição pelo escoamento superficial. Elas são assim conhecidas por serem originadas de atividades que depositam poluentes de forma dispersa sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica. Esses lançamentos são intermitentes e os poluentes provêm de áreas extensas, o que torna praticamente impossível determinar a sua origem exata. As principais fontes geradoras de carga difusa são deposição atmosférica, desgaste da pavimentação, veículos, restos de vegetação, lixo e poeira, restos e dejetos de animais, derramamentos e erosão. Para que se possa avaliar o

seu potencial poluidor, os impactos gerados e as medidas de controle adequadas, é essencial que se identifique as fontes geradoras do material carregado.

Cruzando um ambiente extremamente urbanizado, o córrego Pirajuçara ainda sofre seus efeitos, como a alteração das margens e da vegetação ribeirinha, aumento das taxas de erosão e assoreamentos e variações nos hidrogramas com o aumento de volumes e picos de vazão. A magnitude do impacto causado pelo lançamento da drenagem urbana depende de fatores como a qualidade do corpo d'água antes do lançamento, sua capacidade assimilativa, quantidade e distribuição de chuvas, uso do solo na bacia, tipo e qualidade de poluentes arrastados, gerando problemas que, por sua vez, são divididos em seis categorias: alterações estéticas, depósitos de sedimentos, depleção da concentração de oxigênio dissolvido, contaminação por organismos patogênicos, eutrofização e danos devidos à presença de tóxicos.

Esse córrego é um exemplo do resultado de décadas de contínuo descarte de águas servidas no corpo de água mais próximo, sem que esse corpo possua volume suficiente para diluir as grandes quantidades de despejo geradas no meio urbano. A bacia abrange uma área densamente urbanizada, como dito anteriormente, em que se observa trechos com crescente incidência de ocupações irregulares, o que tem consequência direta no aumento de resíduos sólidos acumulados no canal e no aumento de despejos clandestinos de esgotos acumulados no canal.

Um estudo referente aos aspectos limnológicos do córrego Pirajuçara, realizado entre junho de 2004 e dezembro de 2007, analisou amostras de água da superfície do córrego, a jusante da sua foz, antes de chegarem ao rio Pinheiros. Foram monitorados a temperatura, condutividade, pH, oxigênio dissolvido (DO) e potencial de oxidorredução (ORP) em campo. As medições foram feitas nos pontos 1, 2 e 3, mostrados na Figura 10.



**Figura 10.** Pontos de coleta para análise dos aspectos limnológicos.

No ponto 1 foi fixado o material adsorvedor, acompanhando o calendário de coleta de água. Ele foi escolhido por encontrar-se em local protegido e por apresentar o total dos

poluentes na coluna de água do córrego Pirajuçara, depositados no rio Pinheiros. O ponto 2 foi escolhido e utilizado apenas para as medidas de vazão do córrego pelo método do flutuador. Por sua vez, o ponto 3 foi escolhido para a obtenção de dados relativos à possível ocorrência de refluxo dos compostos tóxicos presentes na água do rio Pinheiros para o sedimento do córrego Pirajuçara. Nos pontos 1 e 3 foram realizadas coletas das amostras de sedimento para análise de compostos tóxicos: determinação do Total de Hidrocarbonetos de Petróleo (TPH) Resolvido (C9-C40), Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR) (C9-C40). As medidas foram realizadas mensalmente e os resultados obtidos são apresentados abaixo.

A vazão de escoamento foi calculada de modo simples, por meio do tempo que o objeto flutuante levou para percorrer dois pontos de distância conhecida. Obteve-se uma vazão média de  $27,4 \pm 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

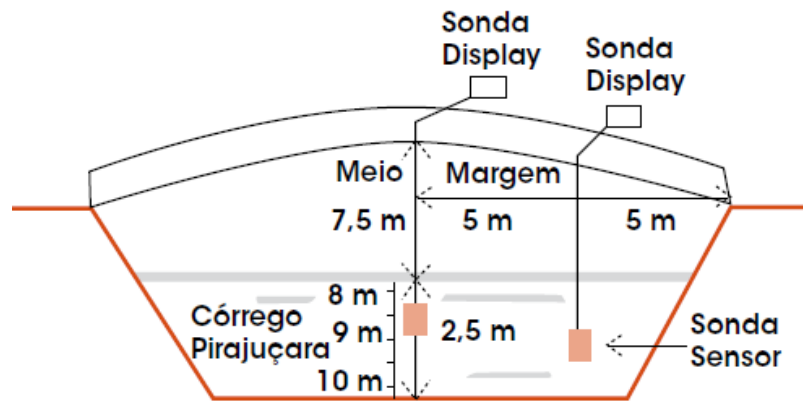


Figura 11. Esquema de medições feitas na seção 1.

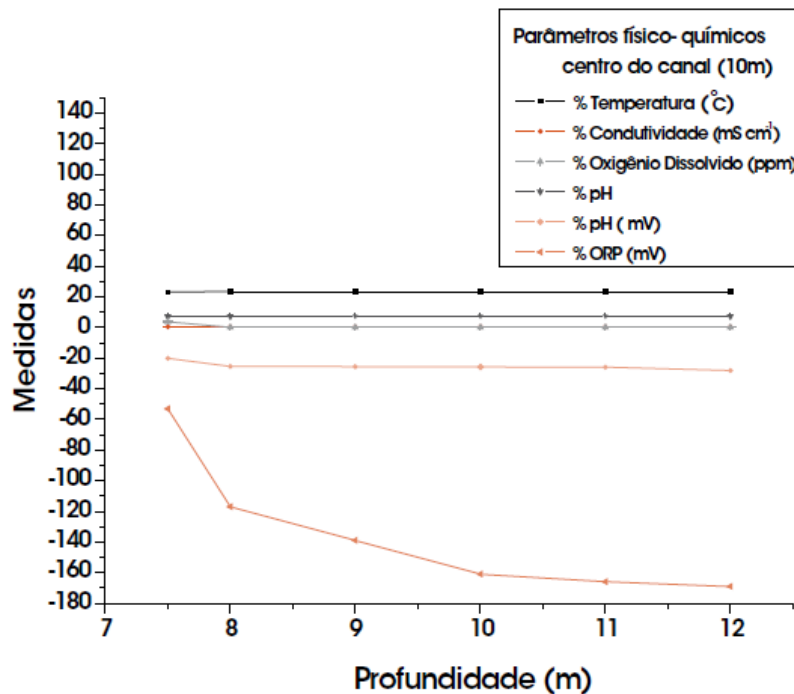
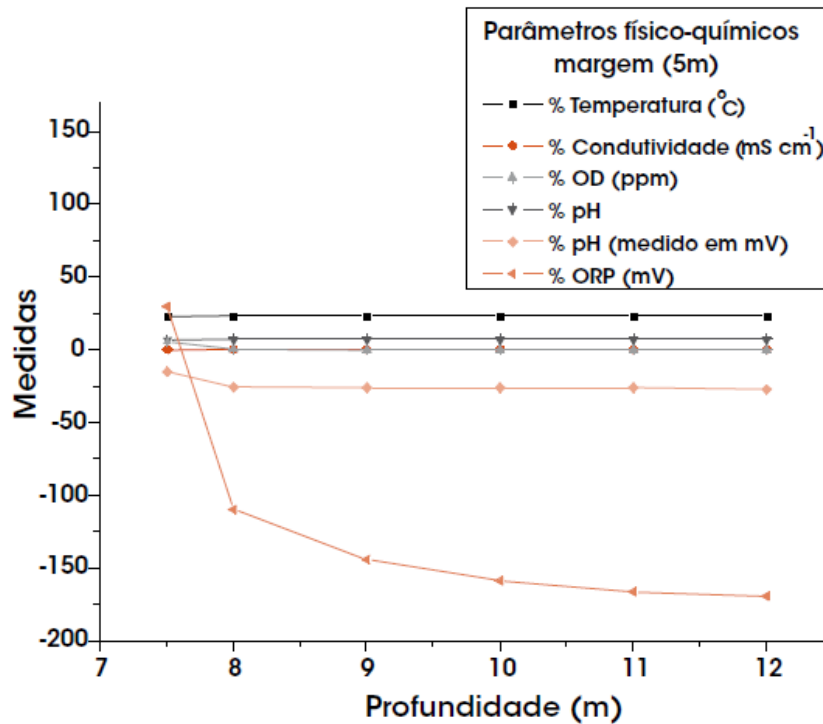


Gráfico 2. Valores obtidos para os parâmetros a diferentes profundidades no centro da seção.



**Gráfico 3.** Valores obtidos para os parâmetros a diferentes profundidades na margem da seção.

As medições referentes às profundidades 11 e 12 referem-se ao sedimento.

A partir das medições realizadas ao longo do ano, pôde-se observar que:

- i. Houve variação nos valores do pH e do potencial de oxidorredução (ORP) nas medidas das margens para o centro do canal, e em diferentes profundidades. Sendo os valores de ORP positivos, para o ambiente oxidante, encontrados nas camadas mais superficiais e os negativos, para o ambiente redutor, nas mais próximas ao fundo e ao centro, têm-se um indicativo do processo de fermentação da matéria orgânica. Esta, presente no sedimento, possivelmente é responsável pela liberação de bolhas de gás, observadas na superfície do córrego.
- ii. Os valores de oxigênio dissolvido permaneceram sempre abaixo de 2,0 mg/L, encontrando-se muitas vezes entre 0,20 e 1,00 mg/L.
- iii. A concentração de fosfato em água de superfície classe 4 esteve sempre acima de 0,1 mg/L, considerado elevado para sistemas lóticos (água corrente), correspondendo a sistemas hipereutróficos.
- iv. Embora prejudicial para a população e para o teor de sólidos em suspensão no córrego, os eventos de enchentes, tende a resultar numa maior qualidade da água.
- v. Os valores de turbidez medidos foram relativamente baixos, entre 16 e 72 NTU (unidades nefelométricas de turbidez). Os maiores valores foram em épocas de chuva, provavelmente devido a presença de materiais suspensos, mesmo assim, todos atendem ao requisito para classe 3, menor que 100 NTU.
- vi. Os valores de sólidos sedimentados em todo ano foram, em média, 0,3 mL/L, o que é considerado baixo. Entretanto, pela resolução CONAMA nº 357, nas águas doces classe 4, os sólidos sedimentados devem ser ausentes para evitar assoreamento de canais.
- vii. A concentração de sódio é relacionada com a de potássio; igualmente para os elementos cálcio e magnésio. Todas elas foram as maiores encontradas nas

amostras. Somando a concentração de fósforo, temos a representação mais comum dos produtos secundários de processos de higiene e limpeza. Dessa forma, esse efeito era esperado, por estarem diretamente relacionados com a presença de descarga de efluentes domésticos.

- viii. A correlação negativa para OD e os teores de sódio e potássio também era esperado, pois quanto maior a descarga doméstica, menor o oxigênio dissolvido no sistema. Assim como os valores de turbidez também apresentam uma correlação negativa com os teores desses elementos.
- ix. No inverno, observa-se a preponderância de três metais tóxicos, que diminuem na época de chuvas, criando um comportamento cíclico. As medidas de concentração de níquel, cobre e zinco chegam a variar de 0,01 mg/L a 0,45 mg/l:

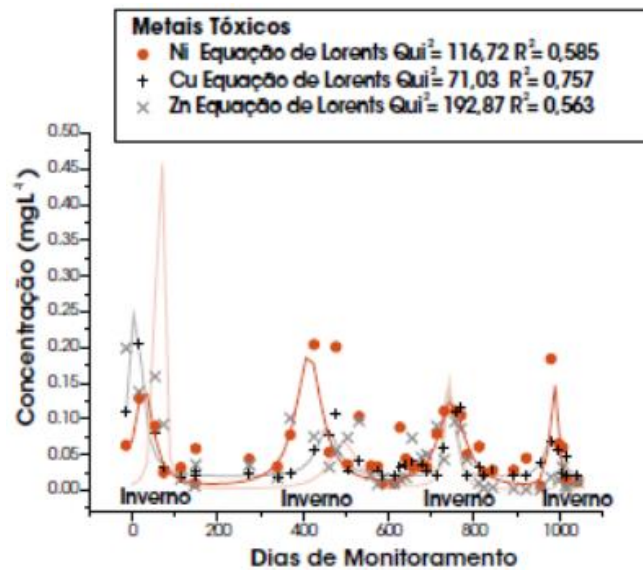


Gráfico 4. Presença de metais tóxicos.

- x. Os valores de concentração para o fosfato e para a clorofila em solução confirmam o ambiente hipereutrófico com maiores concentrações dos ânions cloreto e sulfato, seguidos por nitrato, fosfato e fluoreto. Novamente, a maior concentração de cloreto e sulfato era esperada devido a composição de produtos de limpeza e desinfecção. Durante o estudo, houve o aumento do caráter hipereutrófico do sistema.
- xi. Analisando o sedimento, percebeu-se que no ponto 3 havia uma maior concentração dos metais tóxicos, indicando um possível refluxo da água do rio Pinheiros com depósito de materiais tóxicos no sedimento da foz do córrego. Esse processo é intensificado no período de chuvas, por aumentar o refluxo do rio no córrego. Esse processo de sedimentação na foz pode ser observado na comparação a seguir:



Elementos	Coluna de água (ppm)	Sedimento Ponto 1 (ppm)	Sedimento Ponto 3 (ppm)
Ferro	0,06 ± 0,01	5523	7833
Alumínio	0,05 ± 0,01	2577	2185
Manganês	0,12 ± 0,03	91,7	497
Zinco	0,05 ± 0,02	67,5	84,2
Cobre	0,05 ± 0,03	20,7	53,5
Bário	0,03 ± 0,01	20,1	98,7
Cromo	-	16,0	34,5
Chumbo	< 0,001	14,1	29,4
Vanádio	-	11,1	17,4
Níquel	0,06 ± 0,03	7,26	14,2
Cobalto	0,08 ± 0,03	2,77	3,9
Boro	0,03 ± 0,01	< 13,7	< 11,8

Tabela 7. Concentração de metais tóxicos.

- xii. A análise do material adsorvedor, que permaneceu imerso de 20 a 30 dias, permitiu a análise de compostos orgânicos, como óleos e graxa, presentes na coluna de água. Normalmente eles só são detectados nas amostras de sedimento, que podem indicar contaminação não recente. A sua análise também apresentou um teor maior de metais tóxicos do que os medidos na coluna de água.
- xiii. Importante dizer que o estudo não contemplou análises de concentração de coliformes fecais ou outros agentes patogênicos ou a poluição difusa resultante da presença de resíduos sólidos, como latas, garrafas PET, sacolas plásticas, entre outros.

## 6. Conclusão

O córrego Pirajuçara é parte integrante do todo urbano da zona oeste da cidade de São Paulo, especialmente da Cidade Universitária por conta da localização de seu desemboque. O histórico de enchentes e alagamentos que são documentados desde os idos da década de 70 mostram que houve uma ação tardia do poder público no sentido de adotar medidas de prevenção e não somente de reparação de danos. A alternativa de construção de 16 reservatórios de detenção que foi adotada em 1999 como sendo a solução viável de melhor relação custo-benefício se mostra, hoje em dia, um acerto. Embora ainda haja enchentes na bacia do Pirajuçara e algumas obras já construídas tenham ruído por falta de manutenção, o problema já não assola mais a região como antigamente. O panorama de “piscinões” apresentado permite concluir que há ainda muito o que se fazer em infraestrutura, dado que 10 dos reservatórios ainda não foram construídos e cerca de 75% dos recursos ainda não foram utilizados. Se por um lado o poder público estadual aparenta fazer um bom uso da verba, por outro mostra atraso nas obras.

Relativamente à qualidade da água, notou-se que o sistema é hipereutrófico, há presença de metais tóxicos acima dos limites em uma seção de análise e que os eventos de enchentes tendem a melhorar a qualidade do que é escoado. Isso traz uma consequência importante para o planejamento do futuro dessa bacia: ao passo que os piscinões vão sendo construídos, menos enchentes ocorrerão e será necessário adotar medidas de melhoria da qualidade da água.

## 7. Referências bibliográficas

- (1) OSTROWSKY, M.S.B. Sistemática integrada para controle de inundações em sub-bacias hidrográficas urbanas, estudo de caso: A bacia do córrego Pirajuçara. 2000. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- (2) FILHO, Kamel Z. Situação Atual dos Reservatórios de Detenção (Piscinões) na RMSP. 2005. Apresentação Final do Seminário de PHD2537 – Água em Ambientes Urbanos. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- (3) ROCHA FILHO, Kleber Lopes da. Modelagem Hidrológica da Bacia do Rio Pirajuçara com TOPMODEL, Telemetria e Radar Meteorológico. 2010. Tese (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo.
- (4) GODOI, Evelyn L.D., POLAKIEWICZ, Lilian, ORTIZ, Nilce, PIRES, Maria A.F. Aspectos Limnológicos do córrego Pirajuçara. 2007. IPEN. São Paulo.
- (5) GODOI, Evelyn L.D., POLAKIEWICZ, Lilian, ORTIZ, Nilce, PIRES, Maria A.F. Monitoramento de águas de superfície desamente poluídas – O córrego Pirajuçara – localizado na Região Metropolitana de São Paulo. 2008. IPEN. São Paulo.
- (6) Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo. 1999. FCTH, Prefeitura do Município de São Paulo.
- (7) Diretrizes de Projeto para Macrodrenagem. 1999. Superintendência de Projetos e de Obras da Secretaria de Vias Públicas da Prefeitura do Município de São Paulo.
- (8) Site da Prefeitura de São Paulo: <http://www.prefeitura.sp.gov.br>
- (9) Site do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE): <http://www.daee.sp.gov.br/>