

# INUNDACIONES: CAUSAS, MECANISMOS DE INUNDACIÓN, MEDIDAS PREVENTIVAS, INFRAESTRUCTURAS DE DEFENSA, CONSECUENCIAS DE LAS INUNDACIONES, EXPERIENCIAS.

Kokei Uehara.

Profesor Dr Universidad de Sao Paulo. BRASIL.

## OBJETIVO

En este trabajo, se procura presentar los problemas de inundaciones en la ciudad de Sao Paulo, capital del Estado de Sao Paulo, Brasil.

## CONSIDERACIONES INICIALES

Brasil, es un país que presenta una superficie del orden de 8.5 millones de kilómetros cuadrados, entre las latitudes 5° N y 34° S, y longitudes 15° W y 74°W aproximadamente

La población brasileña es del orden de 150 millones de habitantes. El G.N.P. es del orden de  $375 \times 10^9$  de dólares, con una renta per cápita de 2,540 dólares. Una parte considerable de la población recibe un salario mínimo del orden de 100 dólares por mes

De esas 150 millones de personas, el 75% están concentradas en las áreas urbanas y el 25% en el área rural. La previsión para el año 2,010 es de que esos números pasen para 85% en las áreas urbanas y 15% para las áreas rurales, o sea, el éxodo rural va a continuar.

La región metropolitana de Sao Paulo, deberá recibir una buena parte de migrantes

## LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL ALTO TIETE

La ciudad de Sao Paulo se localiza en la cuenca del Alto Tieté. El río Tieté cruza la ciudad de Sao Paulo y va a desembocar en el río Paraná

que forma el río de La Plata, donde se localiza la ciudad de Buenos Aires, Argentina.

En el presente trabajo, fue considerado como Alto Tieté, la cuenca a montante de la represa Edsard de Souza, que se encuentra junto a la ciudad de Santana de Parnaíba.

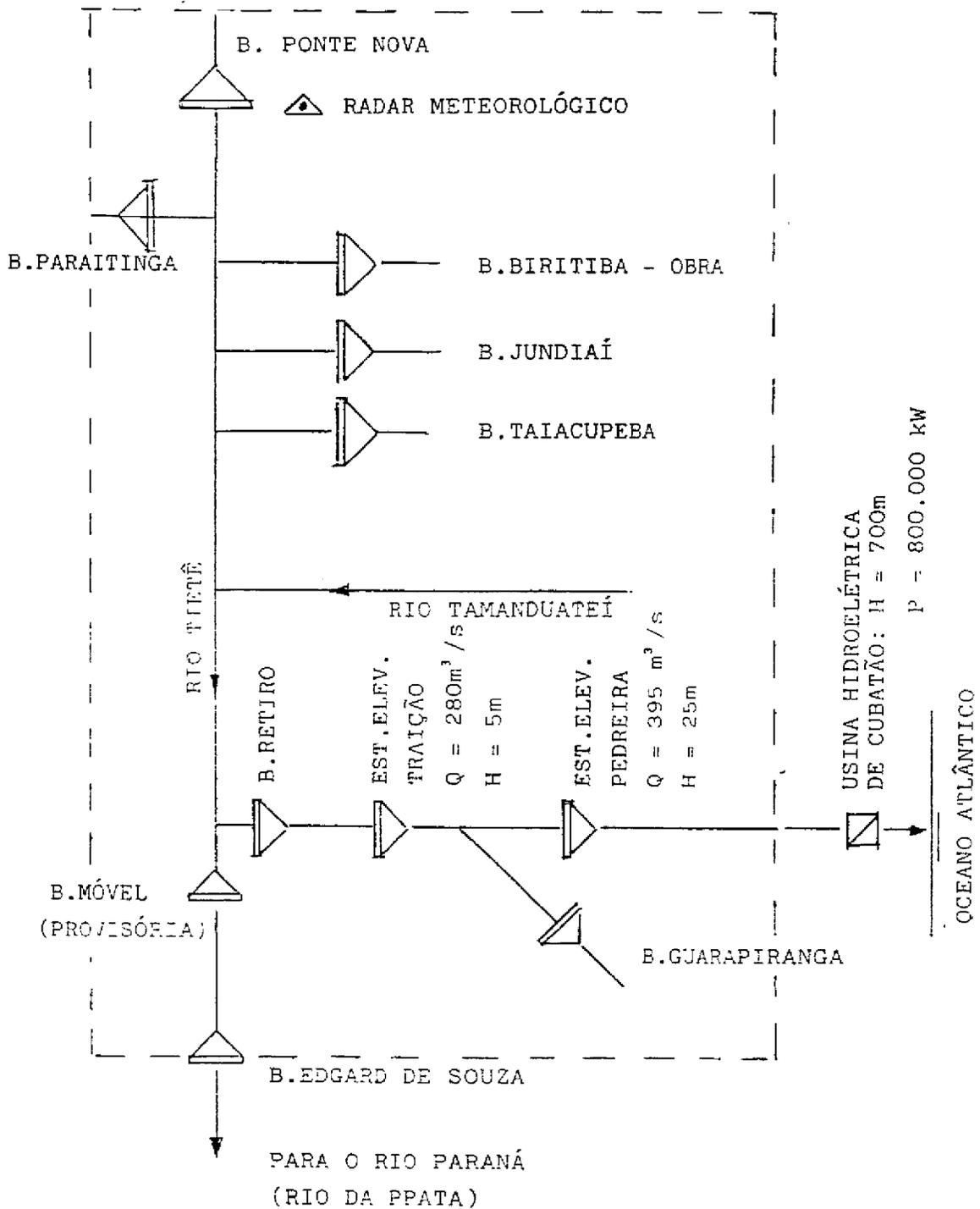
El área total de la cuenca es de 4,815 Km<sup>2</sup>. Las áreas urbanizadas de Sao Paulo y sus ciudades vecinas que componen la grande Sao Paulo, ocupa un área de 1,300 Km<sup>2</sup>, o sea el 27% del área de la cuenca del Alto Tieté (A= 4,815 Km<sup>2</sup>).

En la cabecera del río Tieté, se tendrá en breve, concluidas 5 represas para el abastecimiento de agua y control de avenidas: Ponte Nova, Bundiaí e Taiacupeba en funcionamiento, y Biritiba y Paraitinga en obra que irán a controlar 862 Km<sup>2</sup>.

En el río Pinheiros, principal afluente de la margen derecha del río Tieté, fueron construidas dos represas Guarapiranga y Billings. La primera abastece agua potable a la ciudad de Sao Paulo. Uno de 108 brazos del reservatorio de Billings abastece a la región de A.B.C. (Santo André, Sao Bernardo do Campo y Sao Caetano), ciudades satélites de Sao Paulo. Esos dos reservatorios sirven también para el control de avenidas de la región mas importante de Sao Paulo que es el valle del río Pinheiros, y también para la recreación.

El reservatorio de Billings controla una cuenca de 560 Km<sup>2</sup> y sirve también para recibir parte de los desagües de Sao Paulo con ayuda de dos estaciones de bombeamiento construidas en el río Pinheiros: Traição (Q=280 m<sup>3</sup>/s. y H=5.0 m), y Pedreiros (Q=395 m<sup>3</sup>/s y H=25.0 m.) Ese desagüe es mezclado con una parte de las aguas de la propia cuenca (pues una parte es retirada para abastecer a

BACIA DO ALTO TIETÊ: ÁREA TOTAL = 4815 km<sup>2</sup>  
 ÁREA URBANIZADA = 1800 km<sup>2</sup> (27%)  
 ÁREA CONTROLADA = 2052 km<sup>2</sup> (43%)  
 ÁREA NÃO CONTROLADA = 2763 km<sup>2</sup> (57%)



la región de A.B.C.), es dirigido para la Central Hidroeléctrica de Henry Bordeu en Cubatao, junto a la ciudad de Santos (800,000 kw y H=700 m.).

La represa de Guarapiranga controla un área de 630 Km<sup>2</sup>

En resumen, las represas de la cabecera del río Tieté y del río Pinheiros controlan un área del orden de 2,052 Km<sup>2</sup>, esto significa, 43% de la cuenca del Alto Tieté (4,815 Km<sup>2</sup>), restando un área no controlada de 57% ó 2,763 Km<sup>2</sup>. Pero 1,300 Km<sup>2</sup> ya están urbanizados. Así, lamentablemente, ya está habiendo invasión de las áreas de protección de escurrimientos

### EL PROBLEMA DE LA MIGRACIÓN

La población más humilde que migra de la zona rural para la región de la ciudad de Sao Paulo, en general es analfabeta, con pocas posibilidades de conseguir trabajos más rentables. Así, los migrantes viven en las favelas (barrios o pueblos jóvenes), junto a los cauces inundables o en las colinas escarpadas sujetas a desmoronamientos. Ellos se ubican en estas áreas, en razón a que son las tierras más baratas y muchas veces cerca de sus centros de trabajo

El diez por ciento (10%) de la población del municipio de Sao Paulo, viven en las favelas

La población de la cuenca del Alto Tieté es del orden de 15x10<sup>6</sup> de personas, y del municipio de Sao Paulo del orden de 9x10<sup>6</sup> de personas. La previsión para el año 2,010 es de 20x10<sup>6</sup> de personas para la cuenca del Alto Tieté.

¿Qué hacer con los nuevos migrantes (del orden de 5.0x10<sup>6</sup> de personas pobres)? Es un grande desafío.

La region metropolitana de Sao Paulo que cubre la cuenca del Alto Tiete y algunas áreas de las cuencas vecinas producen 35% del PNB del Brasil. Es la región más dinámica del país. Mas no es capaz de absorber la mano de obra de los nuevos migrantes una vez que el país está pasando por una crisis política y de recesión con una tasa de inflación altísima (25% al mes). a pesar de estar produciendo más de setenta millones (70 0x10<sup>6</sup>) de toneladas de granos (soya, maíz, trigo, etc )

### CAUSAS DE INUNDACIONES

La ciudad de Sao Paulo está ubicada a la altura del Trópico de Capricornio, entre las cotas de 700 a 800 metros, y próximo al Océano Atlántico (70 Km. de Santos).

Las fuertes lluvias tropicales, convectivas o frontales, provocan grandes precipitaciones entre los meses de Noviembre y Marzo. Por ejemplo, la ecuación de lluvia de Sao Paulo indica los siguientes índices:

Duración	Altura Pluviométrica (mm.)		
	TR-Período de Retorno (años)		
	5	25	100
10 min.	24,8	29,4	36,2
30 min.	39,8	55,3	68,1
60 min.	51,8	72,0	88,7
6 horas	70,6	98,1	120,8
12 horas	89,9	111,1	136,8
24 horas	90,5	125,8	154,9

En el área urbana de Sao Paulo, la precipitación Media Anual es del orden de 1.300 mm., en cambio en las cabeceras del río Tieté y de la subcuenca del Pinheiros es del orden de 3.500 mm al año.

No hay problemas de nieves, tifones, (aluviones), sismos ni volcanes, (terremotos)

Mas los problemas causados por las inundaciones son mucho más graves en todo el Brasil y en particular en la ciudad de Sao Paulo, debido a las intensas lluvias tropicales y a la ocupación inadecuada de los cauces inundables y colinas que están sujetas a desmoronamientos, debido al problema socio-económico que provoca la migración (zona pobre para zona rica) Además de esas causas, el gran problema es la imposibilidad de la Prefectura de Sao Paulo, de conseguir un presupuesto adecuado para la canalización de escorrentías, que muchos fueron proyectados para caudales con un periodo de retorno de 10 a 20 años

Con la rápida urbanización del cuenca del Alto Tieté, como fue descrito anteriormente, esas obras quedaron obsoletas. La ocupación desordenada de las tierras con obras inadecuadas de terraplenamiento, provocó la erosión de las mismas. Los sedimentos arrancados por las lluvias torrenciales, fueron transportados y depositados en las canalizaciones de aguas abajo, provocando la

obstrucción de las mismas. Solo en el área urbano de Sao Paulo, del río Tieté, en el trecho entre la represa de la Penha (sirve para crear lagos artificiales en el Parque Ecológico del Tieté y una pequeña laminación de picos de avenidas), y la confluencia del río Pinheiros y en este río aguas abajo de las represas de Guarapiranga y Pedreiroc (reservatorio de Billings), son retirados más de 3.0 millones de m<sup>3</sup> de sedimentos mezclados con basuras domésticas, al año

Lamentablemente, hasta el momento, existen pocas medidas estructurales, tales como pozos o trincheras filtrantes, creación de más áreas verdes, fiscalización de loteamientos clandestinos, orientación en el asentamiento de migrantes, etc.

Además de los problemas señalados, existe un mantenimiento inadecuado de las obras de drenaje (bocas de lobo atorados, galerías con depósitos, cauces con arbustos, etc.), y la operación inadecuada de obras hidráulicas, tales como la represa de Edgard de Souza, las compuertas de retiro, las estaciones de bombeamiento de y Pedreiros, etc.

El día 19 de Marzo de 1991, fueron observadas grandes precipitaciones en varios puntos de la ciudad de Sao Paulo, por ejemplo: 148 mm. en 7 horas y 30 minutos, en Rudge Ramos (T=390 años)

El día 29/3/1992, hubo una fuerte precipitación de 96.7 mm en Retiro (con T=83 años)

Esas lluvias provocaron grandes inundaciones en Sao Paulo (19/3/91 y 29/3/92).

## **CONSECUENCIAS DE LAS INUNDACIONES**

A continuación, se presentan algunos datos de inundaciones en el Brasil:

Febrero de 1983 - Ciudad de Sao Paulo - 2,265 Has. de área inundada, 205 casos de leptosporiosis y 20 muertos.

Julio de 1983 - Estado de Santa Catarina - Perjuicio de 1.2 billones de dólares y 220,000 flagelados

Marzo de 1991 - Ciudad de Sao Paulo - Perjuicio de 120 millones de dólares, 2,000 damnificados, muchos muertos y heridos. La ciudad paró totalmente por 7 horas.

Marzo de 1992 - Ciudad de Sao Paulo - Inundación catastrófica, con perjuicios enormes, muchos damnificados, muchos muertos y heridos. Los datos, todavía, no son bien conocidos.

Mayo de 1992 - Estado de Santa Catarina - Perjuicio de 90 millones de dólares, 40,000 damnificados y 16 muertos

Mayo de 1992 - Ciudad de Blumenau en el Estado de Santa Catarina - Perjuicio de 49 millones de dólares, 2,252 damnificados, 240 heridos y 2 muertos.

Debido a la gran extensión territorial y muchas veces debido a la dificultad de acceso, no existen datos estadísticos sobre las grandes inundaciones de la planicie amazónica, del pantanal matogrosense, etc.

En las áreas urbanas, el problema no es solamente la pérdida de bienes, la desvalorización de inmuebles, la parada total o parcial de las actividades de la ciudad. Lo que más preocupa es el número elevado de casos de enfermedades, principalmente, 12 leptosporiosis y la muerte por ahogamiento y también por deslizamiento de morros

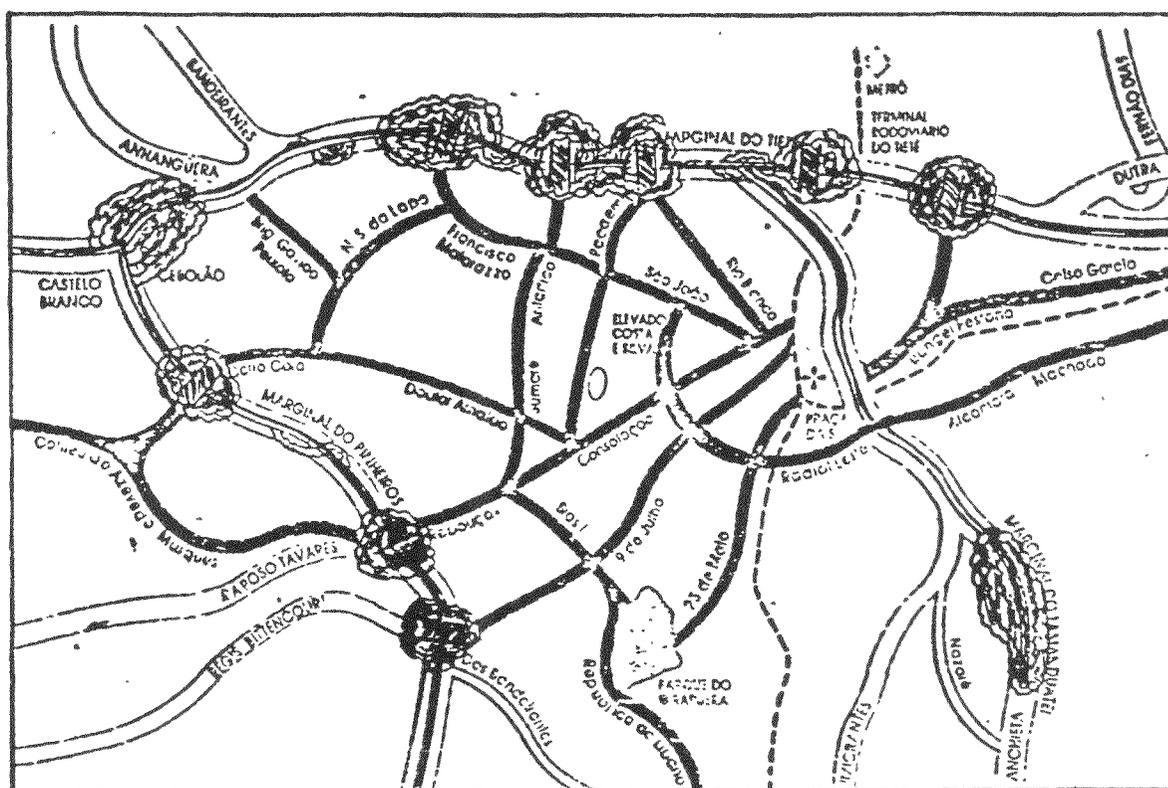
## **MEDIDAS PREVENTIVAS PARA ENFRENTAR LOS PROBLEMAS DE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE SAO PAULO**

La cuenca del Alto Tieté cuenta con un radar meteorológico, instalado junto a la represa de ponte Nova que cubre todas las cuencas. Ya fueron instalados más de 20 puestos de telemetría que indican las alturas de lluvias cada 10 minutos o niveles de agua de los ríos

Los datos de radar y telemetría son analizados en el Centro Tecnológico de Hidráulica (C.T.H.), órgano que funciona en función del convenio firmado entre el Departamento de Aguas y Energía Eléctrica del Estado de Sao Paulo y la Universidad de Sao Paulo, en particular, ligado el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Sanitaria de la Escuela Politécnica de la U.S.P. Estos datos son entregados a Defensa Civil del Estado de Sao Paulo y de allí son transferidos para el Cuerpo de bomberos, a los órganos responsables del tránsito, salud, prefecturas, etc. El C.T.H. informa también directamente a la Prefectura Municipal de Sao



ENCHENTES DO DIA 1 DE FEVEREIRO DE 1983.



PASSAGENS INTERROMPIDAS



ÁREAS ALAGADAS



VIAS CONGESTIONADAS

Paulo y a ELETROPAULO que opera las obras hidráulicas para la generación de energía eléctrica en la Central Hidroeléctrica de Cubatao (represa de Edgard de Souza, compuertas de retiro y las estaciones elevatorias de Traicao y Pedreiros).

El D A E E (Departamento de Aguas y Energía Eléctrica) del Estado de Sao Paulo, está ampliando y profundizando el cauce del río Tieté entre la represa de la Penha y Edgard de Souza, para caudales con un periodo de retorno de 100 años. Está canalizando el río Tamanduateí también para descargas centenarias (aguas abajo, fue canalizado para T=500 años).

Algunos cauces de escurrimiento están siendo canalizados también para descargas centenarias, y para cursos menores de agua para descargas con T=20 años.

La capacidad de la estación elevatoria pasará de  $Q=280 \text{ m}^3/\text{s}$ , para  $Q=350 \text{ m}^3/\text{s}$  y la de Pedreiros de  $Q=395 \text{ m}^3/\text{s}$  para  $Q=470 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Además de esas medidas estructurales, están siendo tomadas medidas no estructurales tales como, la mejoría en las premisas de lluvias con el radar meteorológico y telemetría; establecimiento de medidas legales para impedir loteamientos inadecuados; preservación y ampliación de áreas verdes, mejorar el servicio de colecta de basuras, implantación de áreas destinadas para recibimiento, estoqueamiento y posterior remoción de residuos de construcciones; y mejorar la operación conjunta de obras hidráulicas en función de la previsión de avenidas, elaboradas con base en los datos de radar y telemetría. El fortalecimiento de la Defensa Civil

y la educación ambiental, son importantes para enfrentar el problema de inundaciones.

## CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En los países pobres, donde el fenómeno del éxodo rural todavía persiste, habrá el agravamiento de problemas de inundaciones, principalmente en las áreas industrializadas. Deberán ser tomadas medidas enérgicas y humanas para acomodar a los migrantes en lugares seguros libre de inundaciones y deslizamientos de laderas.

Habrà necesidad de desarrollar nuevas tecnologías para concepción, dimensionamiento, construcción, mantenimiento y operación de obras hidráulicas con base en el comportamiento de las obras existentes.

Deberán ser elaborados planos de ocupación de planicies inundables, teniendo en consideración su influencia en la propia área y en las áreas aguas abajo.

Es preciso fortalecer la Defensa Civil, puesto que en los países pobres las obras de drenaje son inadecuadas (o inexistentes, o son subdimensionadas, o mal operadas).

La educación ambiental es importante; no solo de los jóvenes en edad escolar y de toda la sociedad, sino en particular, la de los proyectistas, contratistas de obras, empresarios y políticos, puesto que ellos son los actuales responsables directos, por las obras de movimientos de tierra en las planicies inundables para la implantación de fábricas y loteamientos.