



Alexandre Rocha Villas

Drenagem Urbana: Impactos da implantação de uma lagoa de retenção no bairro de Vargem Grande

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (opção Profissional).

Orientador: Prof. Celso Romanel

Co-orientador: Prof. Antonio Roberto Martins Barboza de Oliveira

Rio de Janeiro

Maio de 2013



Alexandre Rocha Villas

**Drenagem Urbana: Impactos da implantação de
uma lagoa de retenção no bairro de Vargem Grande**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Celso Romanel

Presidente / Orientador
Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Antonio Roberto Martins Barboza de Oliveira

Co-Orientador
Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego

Departamento de Geografia – PUC-Rio

Prof. Maria Fernanda Rodrigues Campos Lemos

PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial de Pós-Graduação
do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 03 de maio de 2013.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Alexandre Rocha Villas

Graduou-se em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ em 1996. Principais áreas de interesse: urbanismo sustentável, desenvolvimento de grandes áreas, planejamento, infraestrutura urbana.

Ficha Catalográfica

Villas, Alexandre Rocha

Drenagem Urbana: Impactos da implantação de uma lagoa de retenção no bairro de Vargem Grande / Alexandre Rocha Villas; orientador: Celso Romanel; co-orientador: Antonio Roberto Martins Barboza de Oliveira. – 2013.

123 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2013.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia civil – Teses. 2. Drenagem urbana. 3. Ocupação urbana. 4. Vargem Grande. 5. Planejamento urbano sustentável. I. Romanel, Celso. II. Oliveira, Antônio Roberto Martins Barboza de. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. IV. Título.

CDD: 624

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais Walter e Lucia pelo incentivo e oportunidades à educação;

Aos meus compadres e amigos Renato e Flávio que acompanharam o desenvolvimento do trabalho apoiando e contribuindo para a conclusão do mesmo;

Aos meus filhos Nina e Ian pela compreensão das horas ausentes e apoio incondicional;

À Valerie, minha esposa, pelo incentivo inicial e diário sem os quais não teria sequer iniciado esta pós-graduação;

Resumo

Villas, Alexandre Rocha; Romanel, Celso (Orientador); Oliveira, Antonio Roberto Martins Barboza de (Co-orientador). **Drenagem Urbana: Impactos da implantação de uma lagoa de retenção no bairro de Vargem Grande.** Rio de Janeiro, 2013, 123p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho apresenta um estudo de solução em drenagem urbana para uma área que teve recentemente seus parâmetros urbanísticos alterados pela LC 104/2009, intitulado PEU das Vargens. A área apresenta ainda uma baixa ocupação devido aos parâmetros anteriormente vigentes numa área historicamente frágil. A solução estudada foi a implantação de uma bacia de retenção que se mostrou primeiramente como uma boa solução para a drenagem local, onde se dispões ainda de grandes áreas não ocupadas que poderiam ser dispostas para a formalização desta lagoa. Assim foi feito todo o dimensionamento preliminar desta lagoa de forma que pudesse captar toda a vazão proveniente desta bacia hidrográfica. A contribuição do maciço da Pedra Branca no deságue das águas é muito grande devido às suas inclinações e alturas e a formação do solo da área plana aliada com sua baixa altitude resulta num modelo de lagoa que exigiria uma urbanização de toda a área com uma grande quantidade de aterro, trazendo novos problemas para esta área e sua população, não se mostrando uma solução ambientalmente sustentável, resolvendo alguns problemas e criando outros.

Palavras-chave

Drenagem urbana; ocupação urbana; Vargem Grande; planejamento urbano sustentável.

Extended Abstract

Villas, Alexandre Rocha; Romanel, Celso (Advisor); Oliveira, Antônio Roberto Martins Barboza de (Co-advisor). **Urban Drainage: Impacts and Solutions in the Occupation of the Vargem Grande District**. Rio de Janeiro, 2013, 123p. MSc Dissertation, Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The accelerated urbanization process taken place in the last decades, notably in developing countries such as Brazil, is one of the main factors responsible for the escalation of the problems related to flood in cities. Due to the continuous waterproofing of watersheds, those occur more frequently, with a higher water volume, giving rise to economical losses, environmental disasters, homeless riverside communities and loss of human lives.

The non-existence of Urban Drainage Master Plans that seek to address draining issues covering the watershed, the lack of effective legal and administrative mechanisms that allow a correct management of the consequences of urbanization processes on urban floods, as well as the inappropriate design of most of the urban draining, only contribute with the escalation of the problem.

The city of Rio de Janeiro, as well as great part of the cities in Brazil and the world, suffer with the shortage of resources for the application in urban infrastructure.

Barra da Tijuca neighborhood itself, a new expansion area of the city, which had its master plan approved in 1969, is an example of how failures and omissions in the implementation of projects of drainage, electric power, sewage networks, waste collection, public transportation, among other services, generate a present situation where solutions are way more complex, difficult and burdensome, when even possible, than if they had been properly taken during the neighborhood consolidation phase.

Another example of the west area of the city is the region of the Vargens neighborhoods (Vargem Grande, Vargem Pequena), agricultural area already partially taken, facing several problems related to the poor existing infrastructure and that may be worsened in a near future, with the Urban Structure Project (PEU) of the Vargens - municipal law 104/2009 - which creates new building and

occupation rules for the region with template, building indexes and occupation rates alteration.

This work has the purpose of studying the main possible options in the urban drainage discipline for the Vargens area, aiming to minimize the impacts of the occupation provided in the current urban environment after the approval of the new urban parameters in an environmentally fragile area. The alternatives to be studied should be environmentally correct, socially fair, economically feasible and shared by every agent: public and private powers and the citizens, contributing with the Urban Sustainability.

In Brazil, with its late industrialization, the swelling of the city was seen with the rural exodus and the subsequent decrease in the quality of life of the individuals residing in those places. To have a better idea, the first urban regulation in Brazil was the Decree 58/1937. This decree regulated on irregular allotments, disseminated especially in the southeast area of the country. The rural nature of the Brazilian society until then may be noticed.

In this context, the greatest problems experienced by the big Brazilian metropolis were formed. Disordered horizontal growth, invasion of protected areas, lack of planning and precariousness of the housings, portrait of the reality of the populous cities of Brazil and the whole third world.

The Federal Constitution of 1988, first higher law to provide for urban law, pointed out in its articles 182 and 183 the need of Urban Reform. However, until the year 2001, such provisions lacked regulation. Thus, on 07/11/2001 the City Statute, law 10.257, main Brazilian Law diploma ruling the custody of the environment in urban scope, came into effect.

The Vargens area in general and the area enclosed in this particular work was developed according to parameters based on Decree 3046/81, which provided for building restrictions with low occupation, template and building indexes rates, but did not give rise to a local ecosystem balance, as there was the removal of wetlands and swamps in detriment to grazing and food farming area, among other uses, besides the lack of inspection of the public power to prevent irregular occupation of public and non building areas, such as rivers and canals surrounding zones.

The new parameters established in the Vargens' PEU (LC 104/2009) provide for a densification of population, due to the increase in the occupation,

template and building indexes rates, which may cause new impacts in the area that shall be evaluated, if possible, before such occupation.

With the growth and development of Barra da Tijuca and Recreio dos Bandeirantes areas, the services and commerce offered, new job opportunity - especially in the construction industry - combined with the lack of an efficient national housing policy, supply of quality public transportation, great distance between urban centers, among others, made this area be irregularly occupied by an impoverished population, bringing safety and especially health risks to the new residents, as well as the existing residents.

Currently some riverbanks are occupied, giving rise to pollution, silting, erosion and deviation in the course of such rivers, implying in loss in the quality of the waters, soil, the local ecosystem and subsequently resulting in frequent flooding and health risks.

According to FRANCO (2004), the losses and disruptions caused by flooding are, from the beginning of civilization, one of the great obstacles to the continuous development of society. With the increase in the density of the urban households, more than a simple impediment for the transportation or loss of harvest, flooding has caused significant economical losses, besides diseases and outbreaks, in many cases resulting in the loss of human lives.

Therefore the problem with flooding and, in particular, urban flooding, has lead a number of researchers to seek an effective solution for its control. Flooding control is understood as the set of measures aiming to reduce its impacts or neutralize the consequences of anthropic interference, which in general tends to worsen flooding. Flooding protection and control measures are generally based in the balance between the costs of mitigating measures and the reduction of losses caused by flooding.

TUCCI (1994) subdivides flooding into two types: waterside flood, which occur by the natural process and the rivers take their biggest bed in critical extreme rain; and flood due to urbanization, occurring when there is waterproofing of the soil. Roofs, streets, sidewalks, parking lots, etc., prevent rain water from infiltrating the soil. In the urban area the maximum flow is increased, there is anticipation of the peak and increase of the surface outflow volume, as indicated in figure 1 below:

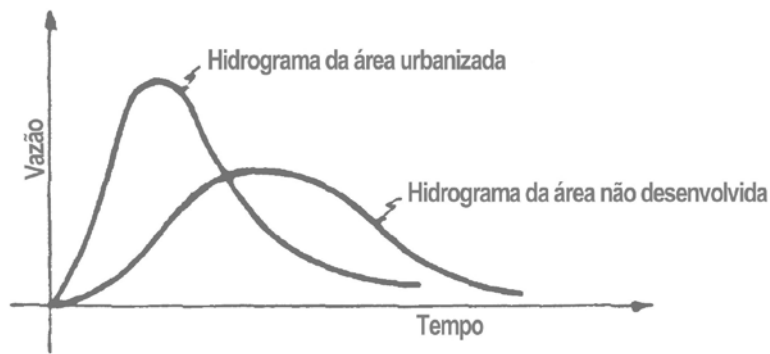


Figure 1: Typical hydrograph of non-developed and urban area
Source: TUCCI (1994)

The effects of urbanization directly affect not only the urban area, but all its surroundings. The occupation of Jacarepaguá lowlands, Barra da Tijuca and Recreio dos Bandeirantes happened gradually until the end of the 1970s. From the 1980s until today there was an intense development with the occupation of those areas by residential and commercial buildings, where the infrastructure solutions were submitted and deployed after the already settled occupation.

Especially in the Vargens area, with the restrictive building parameters, the occupation was slow and during several governments afterwards, suffered with the lack of solutions in infrastructure during the last decades. For being an area historically frail with low altitude, little declivity for outflow and a lot of contribution of water due to the proximity with Pedra Branca mountain range, the solutions adopted in the urban drainage discipline specifically, such as the rectification of the rivers (conventional fast outflow form adopted in the region), the interconnection of such rivers and canals with lagoons of Jacarepaguá, the poor communication with the ocean flowing downstream, all these interventions solved the drain partially and in a palliative manner, but did not contribute for the end of floods, increasingly frequent.

In order to mitigate the flood, it is necessary, before anything, a good soil management policy. But other measures may mitigate the impact of the problem, as the adoption of techniques that favor the infiltration (in patios, arrangement of streets, parking areas, etc.) or the retention of waters (retention basins, for example).

The Corrective and preventive measures which aim the minimization of the damages of floods are classified as Conventional Solutions and Non-Conventional Solutions.

Several project, operation and maintenance and environmental multidisciplinary conditions rise when project innovative procedures are introduced. Alternative solutions are mostly intended to the reservation and delay of the outflows, opposite to the conventional concepts of pipelines, where the acceleration of the outflows is aimed. Therefore, the necessary project requirements are widened, including special geologic-geotechnical, water quality, safety, multiple uses and electromechanical equipment analysis, among others.

According to ASCE (1985), traditionally, draining and urban flood prevention problems are handled through the concept of maximum efficiency in outflow, that is, quickly flow rainwater downstream. However, twenty years ago the concept of storage for the detention of rainwater was introduced in the planning of urban drainage systems. The concept is based on the temporary collection and detention of part, or the totality of the outflow, during and soon after the rain, providing the control of the outflow downstream. A comparison between the two concepts is indicated in figure 2 below:

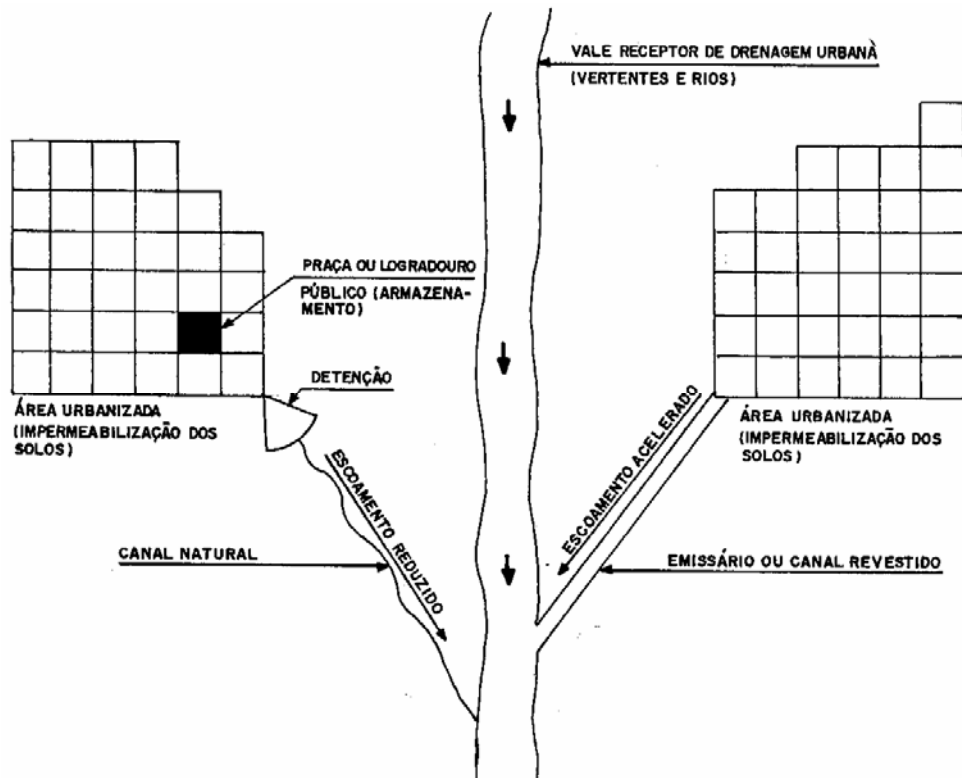


Figure 2: Maximum efficiency x detention in rainwater outflow concept
 Source: ASCE (1985)

According to CANHOLI (1995), the most adopted innovative concepts for readjustment or increase of the hydraulic efficiency of the drainage systems in the control of flood aim especially:

- a.) To promote the delay of outflows, in order to increase the time of concentration and the subsequent reduction of the maximum flows;
- b.) To cushion the peaks of the floods by the detention in reservoirs;
- c.) To contain the outflows on the source, by the improvement of the infiltration conditions, or also in detention reservoirs.

For places found in urban expansion, such as the case analyzed in this study, the alternative solutions provide a wide scenario of the possible interventions to be performed, in the initial phase of deployment of new allotments, condominium or commercial and industrial areas, aiming to reduce the impacts in the downstream drainage systems. A better consideration and analysis by the responsible bodies, aiming to regulate them in a mandatory manner for the approval of the urbanization projects, would be convenient and timely.

The gain that may be expected when adopting the deployment of a non-conventional drainage system, aiming the delay of the water to the detriment of the pipeline with fast outflow, may be reflected not only by minimizing the flows, but by enabling the creation of new green spaces with the use of leisure, promoting social welfare, interaction and living, therefore minimizing the urban impacts in addition to the deployment costs, especially in areas still in development where there are spaces that enable the storage in lakes and lagoons, such as the area in study.

The solutions in non-conventional drainage, along with other actions in the urban environment, such as permeable sidewalks, planters, delay and reuse boxes in buildings, green roofs, among others may and must assist the delay of the outflow of rainwaters, preventing the overload of the system.

The main point to be analyzed is the possibility of this area, still in occupation phase and before densely occupied, to provide conditions favorable to the adoption of non-conventional systems, as there are empty spaces enabling the storage of water, minimizing environmental impacts and deployment costs.

In the last decade, the green infrastructure has been established as a new paradigm to plan and adapt the cities so that they become sustainable in the long term. The green infrastructure has been searched and deployed in regions, cities

and locations in a number of countries. Aims to mitigate, soften and adapt cities, with positive results that can already be measured. This green infrastructure is comprised in an interconnected network of open vegetated spaces (preferably afforested) that reestablishes the landscape structure. Areas such as parks and squares are interconnected by green streets and re-naturalized rivers and channels. The idea is that the city works as a green sponge, that is as permeable as possible.

One of the benefits that is directly related is the increase of the infiltration of water in the place, which reduces the superficial outflow which would overload the rainwater system; another advantage would be the filtration of impurities and pollutants deposited on roofs, floors and streets that are carried in the first ten minutes of rain.

This integrated solution would work with the deployment of specific retention lagoons, such as small lagoons, which would minimize its impact around and would be interconnected by the current rivers, after the public intervention getting rid its marginal zones and delimiting them to Linear Parks with the use of leisure and contemplation.

For the watershed floods control planning, when it is in the initial stage of urbanization, such as the case of Vargem Grande, the scheme indicated in figure 3 below may be used:

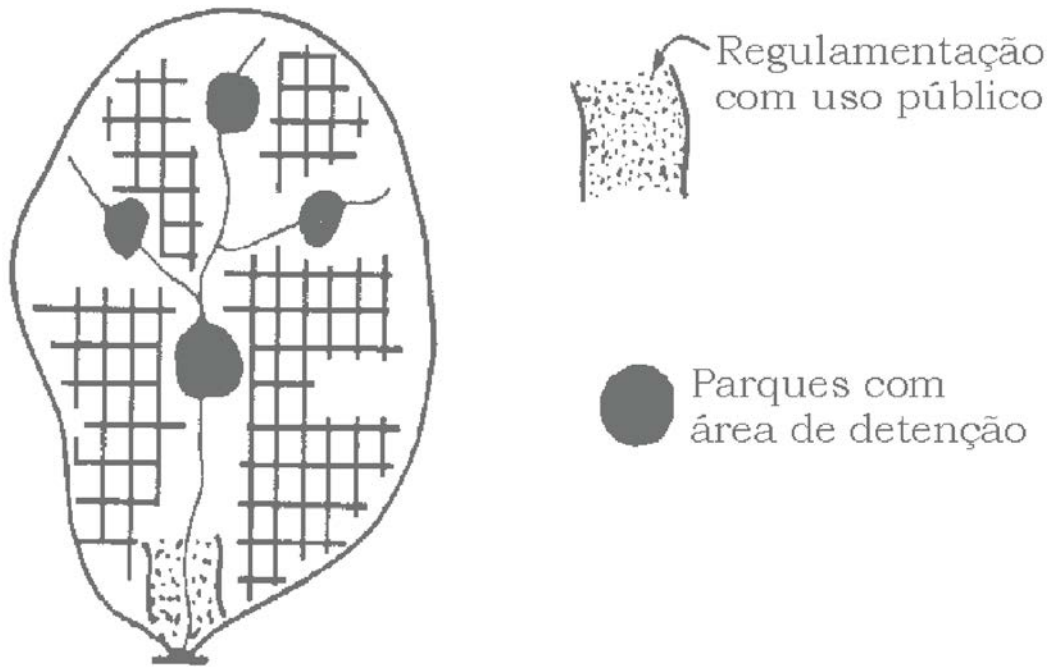


Figure 3: Planning and control of the watershed in the first stage of urbanization
 Source: TUCCI and GENZ (1995)

From the figure above, the planning of the control of urban floods in initial urbanization state, according to PUCCI and GENS (1995), should:

- 1- Regulate the use and occupation of the soil, by the public power, of naturally flooding areas, which will work as urban detention basins and linear parks;
- 2- Regulate microdrainage in order not to widen the natural flood, handling each district or sub-basin according to its capacity and downstream impact transfer. In each sub-basin the risk of flood is defined, which each entrepreneur shall keep in natural conditions;
- 3- Use parks and flooding areas to cushion and preserve the hydrographs between different sub-basins;
- 4- Provide subsidies of taxes and fees for flooding areas and the exchange of soil created by the purchase of these areas;
- 5- No area expropriated by the public power may remain without deployment of public infrastructure, park or leisure and recreation area, otherwise, it will suffer invasion.

The urban area may be planned in an integrated and coherent manner with all public improvements, included in the general development plan (water networks, street pavement, treatment and final disposal of sanitary sewage and solid waste, urban drainage, etc.);

Other actions must be considered by the public power in order to encourage and even obligate the entrepreneurs and residents of the region in order to integrate the urban area with the local ecosystem, such as the demand of creating rainwater retention and reuse reservoirs in the new ventures (already existing in Rio de Janeiro), green roofs, sidewalk afforestation, underground drains working as water capture for irrigation, green walls, permeable floors, among other essential measures to mitigate the potential impacts with the increase of the density of this area and future climate problems of the planet as a whole.

Due to the inability of the competent bodies to keep the inspection and prevent irregular occupations, marginal zones must be controlled through formal occupation, revitalizing riverside areas, preserving the natural course of the rivers and keeping a "floodable" zone with the occupation of such areas for public use focusing on leisure and sports activities aiming the sociability and the appreciation of the landscape.

This solution, called Linear Park, integrated with further interventions contribute for the improvement of the urban environment.

In the Brazilian Environmental Legislation, valleys bottoms and the surrounding areas of watercourses are analyzed as Permanent Protection Areas (APPs) and by the regulation should not be place of edifications. However, due to the impressive urbanization and the lack of control, the reality has been another: the riverbanks are many times what remained in the cities as occupation areas for the population without resources. Therefore, waste and sewage are dumped in the water, making them unhealthy and full of risks to health.

On the issue of the landholding property, we have in this area properties that are public, and therefore it is more interesting, feasible and even desirable that it becomes an area of public use. The others are private properties and shall be evaluated if they will be kept as such, considering that the limitations for the acquisition of the area. There are interesting alternatives such as, for example, private property with collective use, or public use. It may also be kept private, but meeting the parameters that ensure the recovery of the canals, and may even be part of the set composing the Linear Park, although in this case there is a limitation to ensure its integration over time. Anyway, priority private property areas shall be identified in order to be acquired by the city in the short, medium and long term.

Another form of not overloading the Sernambetiba canal and not increase the volume and the speed of the water drained by it is to keep the current situation, with lagoons working as drainage delay, retaining the precipitation and slowly releasing it downstream preventing or mitigating floods.

The retention lagoons are reservoirs to where rainwaters are conducted in a certain zone, with the purpose of a brief storage in result of a controlled discharge, namely in the follow-up of intense precipitations. They may be underground or superficial, as well as contain water permanently, or only after the rain (dry basins). They may be materialized in several forms, such as tanks or lagoons in gardens, parks, squares, real estate, industrial ventures, etc.

The fundamental advantage is comprised of enabling the discharge in canals way lower than the ones entering at peak operation, reducing the risks of floods. The costs are reduced, and may even be compensated by the saving resulting from the diameter reduction in the downstream pipeline.

The current situation is typical for its application, where the drainage network is found undersized for a future occupation with significant increase of density and occupation.

Some positive aspects provided by the retention lagoons are:

- 1- Avoid remodeling or reinforcement works;
- 2- Contribute with the improvement of the quality of rainwater;
- 3- Enable the creation of reflecting pools with aesthetic, recreational or leisure interest;
- 4- Constitute water reservations for irrigation and fire fighting.

The retention lagoon has as main purpose to reduce the outflow of the collectors. This system is considered the best management practice in taking into consideration the aspects of cost, performance and maintenance (Debo and Reese, 1995).

Retention reservoir is the reservoir that keeps a permanent water line, as per figure 4:

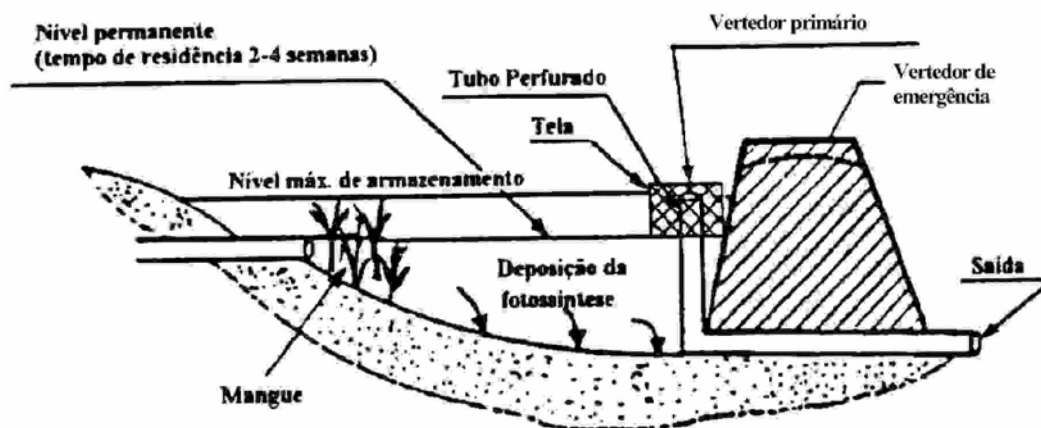


Figure 4: Retention reservoir or basin in drainage systems of the rainwaters
Source: CAMPANA and TUCCI (1994)

With the area in study - which will be delimited more accurately as follows - in constant development and more intense possibility of occupation with the extension of the urban parameters, but being an area still in need of infrastructure and with great free areas, the conventional solution, already partially adopted in the region with the rectification of Sernambetiba Canal making the quick outflow, not being shown efficient, as constant floods in the region show; as an alternative, non-conventional solutions may be presented as feasible solutions for this area.

Next, we will study the area to be analyzed in this work, delimited by Pedra Branca mountain range to North and West, to East by Sernambetiba Canal and by the Southern ocean, framed in figure 5:



Figure 5: Location of the area in study in Barra da Tijuca.
Photo: Google Earth

To better understand the morphology of the soil of this region, let us go millions of years back in time to the region of Barra da Tijuca.

It was an immense bay limited by Pedra Branca and Tijuca mountain ranges.

Over time, due to the constant accumulation of sand on a continuous zone, started the formation of what we know today as Barra coast (Av. Sernambetiba).

For a long time this stretch of sand extended until it formed a great Lagoon dammed between the sandbank and the mountain ranges.

After the formalization of the Lagoon, it started suffering from a slow and gradual silting process by the waste brought by the rain, coming from the mountain ranges, forming mostly organic soil with clay, rocks and also par with sand, comprising what is today Barra da Tijuca, as represented in figure 6.



Figure 6: Aerial view of Barra da Tijuca region and surrounding areas with Pedra Branca mountain range on the left and Tijuca mountain range on the right.

Photo: Google Earth

During this long soil formation process, a great ecosystem diversity arise throughout this new area, sandbanks, mangroves, swamps, shores and the forest existing in the mountain range. The great quantity of rivers, canals, lakes and lagoons limited the occupation of the area; in addition, the composition of the soil, especially near lagoons - loamy, impermeable and constantly swamped - hampered the occupation, which was slow and gradual.

Big farms with the cultivation of sugar cane and later coffee occupied this lowland area for centuries.

This natural silting over time, added to the beginning of urbanization - especially after the 1990s, as we will see next - used (and still uses) the landfill resulting from near gravel pits as a means of soil stabilization, waterproofed a soil in a region of low altitude, creating a proper environment for the accumulation of water hampering the permeability and outflow, generating recurrent floods.

Pedra Branca (1,205m) and Tijuca (1,021m) mountain ranges formed the dividers of the hydrographic system of the Lowland, which rivers are drained in the coastal lagoons of Jacarepaguá, Tijuca, Camorim (link between Jacarepaguá's and Tijuca's lagoon), Marapendi and Lagoinha, and the latter are linked to the sea through Barra da Tijuca or Joatinga's Canal, located in the eastern edge of the plain. Southern Lowland ends in beaches in the Atlantic Ocean. The maritime coast bears a 21 km extension.

The rivers that later drain the Lowland area go down the mountain ranges, in some cases, with altitudes above 1,000m, with sudden slope changes when reaching the plain. This facts leads to an intense process of erosion of the hills and solid material load to water courses, aggravated by the anthropic erosion process due to the intense urbanization, which subjects the area to constant floods, especially Jacarepaguá area and the surrounding of the lagoons.

The predominance of great slopes, added to the high rainfall indexes, makes the area fragile and instable, which giver significant importance to the forest that occupies the southern hill of Pedra Branca mountain range. The control of hills occupation and the drainage and maintenance of the canals are important practices for the preservation of the life conditions of the Lowland.

It is a constantly swamped area, with soil predominantly organic. Loamy and saturated soil. Impermeable. Great difficulty in water infiltration.

This area receives direct contribution of all Northern and Western faces of Pedra Branca Mountain Range, flowing through several canals until the great Sernambetiba Canal, which in turn empties in the beach.

Downstream discharge suffers with the natural action of the sea (waves and tides) that obstruct and silts the canal, retaining water and impairing hydro propagation - see figure 7.

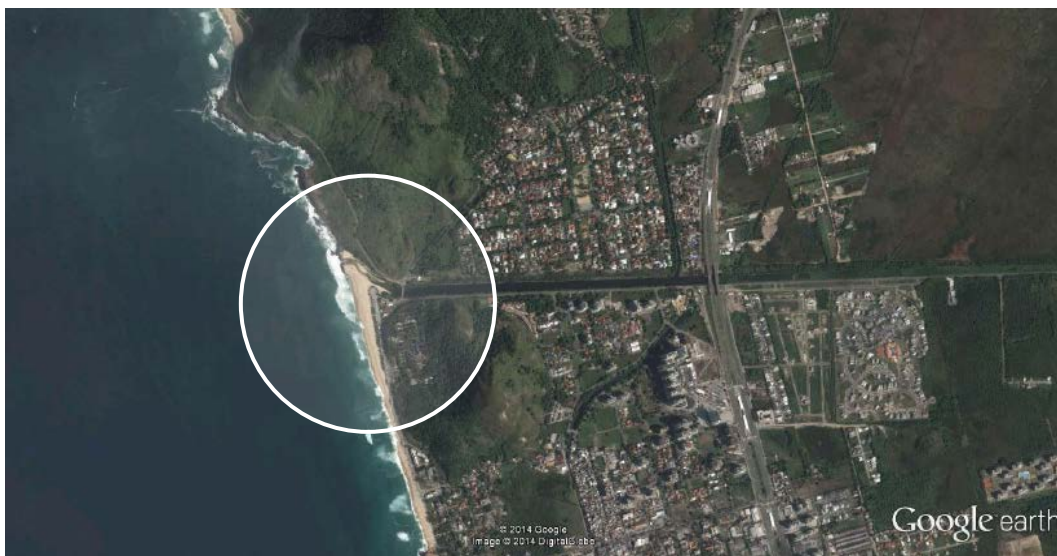


Figure 7: Downstream of Sernambetiba Canal in Macumba beach
Photo: Google Earth

The volume of water is retained today in great part of this area, forming several concentrations, swamps and small lagoons, it is very big - figure 8. ‘

Considering that the new legislation increases the template and subsequently values the region encouraging the urbanization in a more intense and fast manner than what exists today and then the previous legislation permitted, and as seen previously, this will result in an increase of the flow to be dumped directly on Sernambetiba Canal, which today is already shown insufficient and suffers with constant floods.



Figure 8: Marshy area between Sernambetiba Canal and Pedra Branca mountain range
Photo: Google Earth

Keep the retention of these waters may be an interesting alternative for this place, with a permanent water line and with the deployment of several uses in its surroundings, and may be consolidated as a great leisure option for the local population, valuing its surroundings and mitigating the potential impacts due to the intensification permitted by the current legislation.

It is important to highlight the possibility that the law grants of establishing environmental zoning. Traditional zoning refers only to areas intended to residential, commercial or industrial use. This news is the reflect of the Brazilian constitutional evolution in the scope of the collective rights (among those a healthy environment).

Environmental zoning, instrument provided in article 4 of the City Statute, previously instituted by law 6.931/81, refers to a cartographic representation of the land, indicating the places most suitable for the use and occupation of the soil,

aiming to ensure goos health and safety in the urban environment. Such mechanism, little used in Brazilian metropolis, protects the population from weathers effects, as well as enables the coexistence of the ecosystem with human occupation.

In chapter two, the City Statute attempts to specifically define the instruments that shall be used by the urban policy so that the great purpose of the Statute is met, which is, the greater good, safety and well being of the citizens, as well as environmental balance.

Provisions required by article 35: possibility of alienate the right of building when the property is deemed for urban and community equipment deployment purposes; historical, environmental, landscape, social and cultural preservation; serve agrarian regulation programs.

Based both on the Hydrographic Basin and Sub-Basin of Rio de Janeiro contained in the files of Instituto Pereira Passos (IPP-RJ) - figure 9 - and aerial photos by Google Earth - figures 29 and 30 - besides visitations and local reports, is was possible to identify the mashiest point of this area. The infiltration difficulty due to soil composition, the low local altitude and the quantity of canals that pass by this area has always characterized it as a natural retention lagoon. During the rains part of the rainfall is retained in this area making it gradually flow or infiltrate over time.

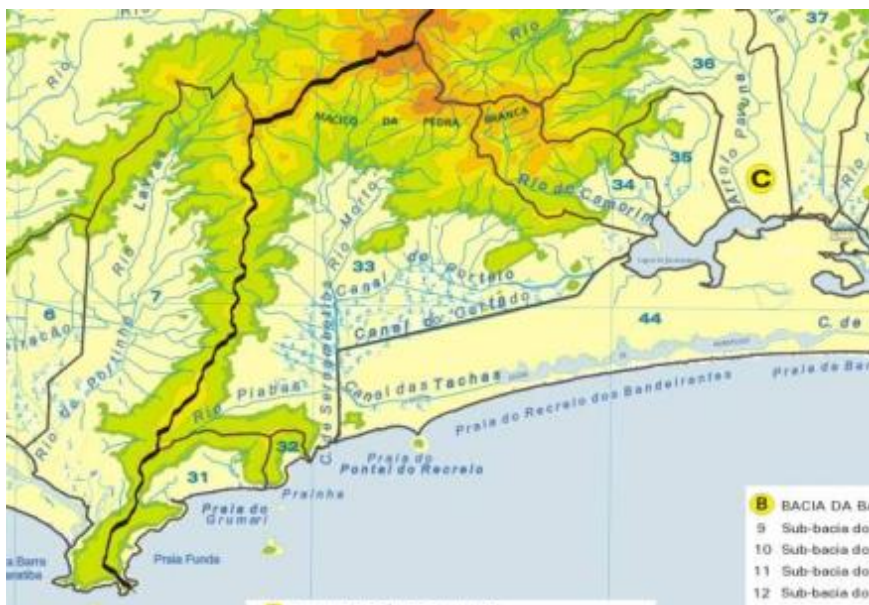


Figure 9: Hydrographic basin and sub-basin - 2004 (Part)
 Source: IPP – Cartographic Management 2004



Figure 10: Area permanently swamped between Sernambetiba Canal and Pedra Branca mountain range.
Photo – Google Earth – 06/16/2009

Aiming a greater integration with the existing ecosystem in order to generate the lowest impacts possible and harnessing the natural conditions historically presented, such as the lowest altimeter level (+1.5m) and the difficulty of occupation due to the type of soil, the area demarcated above is presented as more suitable for the deployment of retention lagoon, not being necessary reallocations of population previously existent and for being a great unoccupied area.

The deployment suggestion would be the "formalization" of a lagoon in this place, working as a retention lagoon for this whole area in study.

The direction of rainwater captured by the future ventures and buildings and the drainage of further canals would supply this lagoon preventing flow overload in Sernambetiba Canal during a rain period, minimizing the draining impacts in the place and the always existing floods.

For such deployment, a study with flow calculations as per local rainfall for sizing and depth of the Lagoon has been developed. Existing canals should be redirected to this Lagoon and a big marginal park shall be elaborated for public leisure use and contemplation, stimulating its use and avoiding and inhibiting irregular occupations.

For analysis of the proposal of Retention Lagoon, a pre-sizing was performed in order to observe the feasibility of deployment with the purpose of solving the potential problems with flood after complete urbanization of the area.

First, a contribution area of the Local Basin was defined = 47.97 km², represented in figure 11.



Figure 11: Contribution basin.
Source: GeoRio Portal – Digital Map

The low area of the Basin corresponds to roughly 12km², receiving all the contribution of the rivers of the region - figure 12.

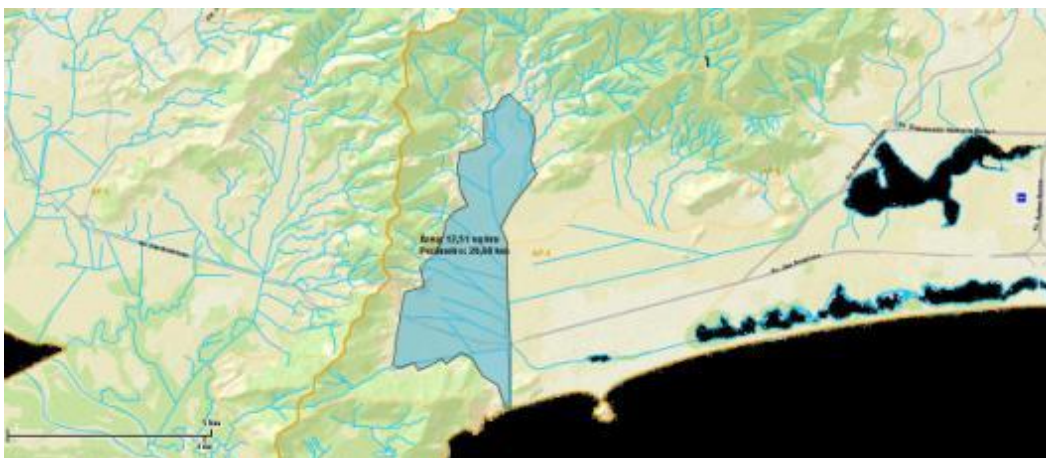


Figure 12: Low basin area.
Source: GeoRio Portal – Digital Map

Using the Digital Map of GeoRio Portal and AUTOCAD software, it was also possible to calculate the high and low thalwegs of this Basin.

With database and reference for basin sizing, the document "Technical Instructions for the Elaboration of Hydrologic Studies and Hydraulic Sizing of Urban Draining Systems" of Civil Works Office of Rio de Janeiro - Rio Águas was used, represented in table 1:

DADOS LOCAIS	Valor Un.
Área da Bacia	47,97 Km ²
Área Baixa	12,51 Km ²
Área Alta	35,46 Km ²
Talvegue Alto	6,15 Km
H - Talvegue Alto	850,00 m
Talvegue Baixo	7,28 Km
H - Talvegue Baixo	8,000 m
H - Descarga Bacia	0 Km

DADOS DE REFERÊNCIA	Valor Un.
Run Off "C" - Alta	0,5
Run Off "C" - Baixa	0,2
Run Off "C" - Urbano	0,5
Tr - Tempo de Recorrência	10 anos
Pluviômetro	
Via 11	
a	1423
b	0,19
c	14,5
d	0,796

Table 1: Local and reference data.

Source: Technical Instructions for the Elaboration of Hydrologic Studies and Hydraulic Sizing of Urban Draining Systems" of Civil Works Office of Rio de Janeiro - Rio Águas

Based on this data, the Concentration Time (t_c) and the Peak flow (Q) of the Urban Basin was calculated, shown in table 2:

CÁLCULOS	Valor Un.
Run Off "C" - ponderado	0,50
Declividade Alto	0,14
Declividade Baixo	0,00110
Tc1	0,58 h
Tc2	4,22 h
Tempo Concentração - Tc =	288,22 min
=	17.293,08 s
Intensidade Pluviométrica - i	23,35 mm/h
Vazão - Q	155,57 m ³ /s

Table 2: Flow Calculation.

This way, the peak Volume (V) for this Basin is reached, as per table 3:

VOLUME=	$2,64(t_c) \times Q_{pico} / 2$	m ³
VOLUME=	3.551.255,69	m ³

Table 3: Volume calculation.

So that the Retention Lagoon is able to retain the whole rainwater of this Basin in a flow peak, it is necessary retention of 3,551,255.69m³.

Whereas:

- 1- The local soil, due to this morphologic characteristics required technical solutions for burdensome excavation, limiting the use of equipment due to its stability, the need of debasement of water table in wide area and in the long term, need of support walls for contention (such as sheet piling curtains, shaped walls or another highly priced process) and also the removal and suitable disposal of this disposable material - limiting as solution the execution of a big landfill in order to raise the borders level of the Lagoon, keeping the current deployment level (+1.5m) as Lagoon bottom = figure 13;

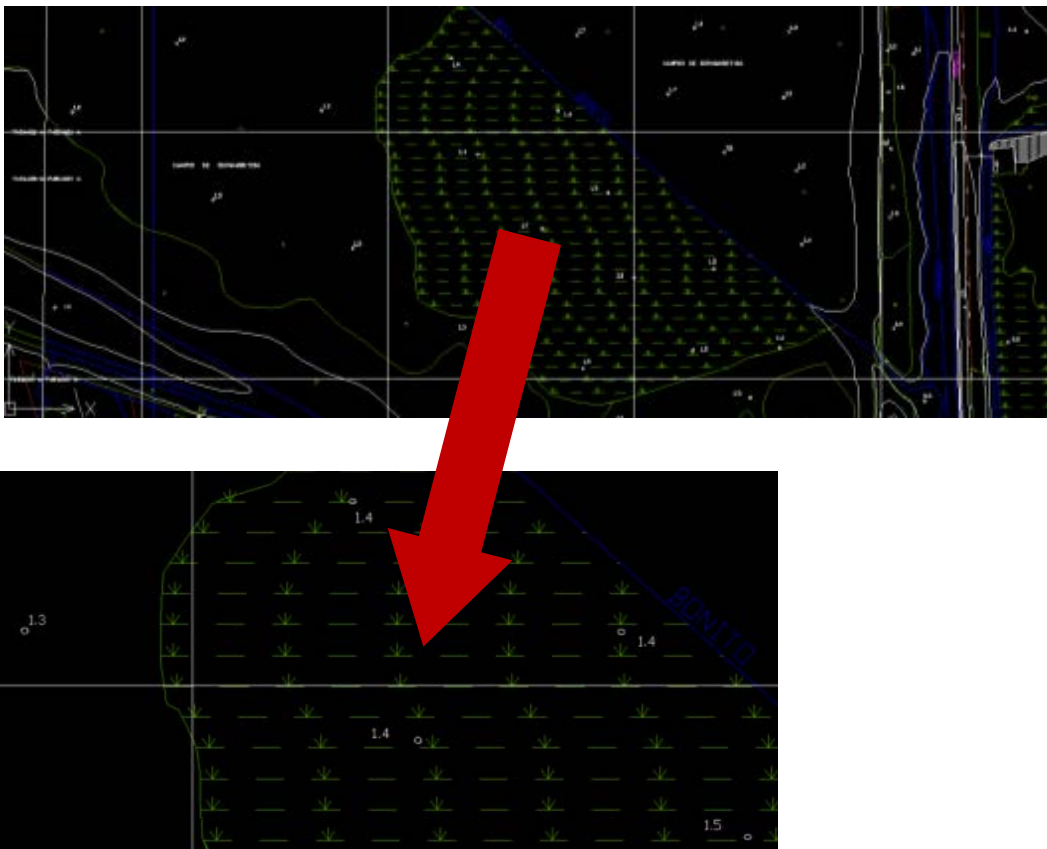


Figure 13: Altimeter allotment of the low and swamped area.
Source - Registry Plant of Rio de Janeiro - AUTOCAD

- 2- The freeboard of the Lagoon in the peak flow shall have at least 1 m (h) for safety;

- 3- The Basin's lowland area corresponds to roughly 12 km²;
- 4- The area to the North of Av. das Américas is an adjacent area and could shelter the Lagoon;
- 5- This area holds roughly 10 km² - figure 14;



Figure 14: Basin's low area.
Source: GeoRio Portal – Digital Map

This area is roughly 20% occupied, as observed and estimated in figure 15;



Figure 15: Area in study.
Source: Google Earth – 04/04/2012

- 6- Therefore we can consider an 8km² "free plain area" existent for the deployment of the Lagoon;

If it occupied this whole area, in a hypothetical simulation, to cover the 3,551,255.69m³ should have an average depth of 45cm.

As there are slopes and the occupation is not concentrated, besides, of course, the impossibility of alienating all non-occupied area until now that are private properties, we can simulate that the Lagoon would have a water line area of 1.2km², as represented in figure 16 below:



Figure 16: Retention Lagoon area.
Source: GeoRio Portal – Digital Map

Therefore, its depth would be of 2.96m, with 1m of freeboard and as considered, the bottom of the lagoon would be in the current level of +1.5m, the margin of the Lagoon would be in the level of +5.46m and the water surface at +4.46m.

Based on the simulations above, we may verify that the larger the superficial area of the Lagoon, the bigger are the agrarian problems, once the lands are private and the smaller the surface, the bigger its depth. The excavation difficulty of the loamy soil in a low allotment area requires that the depth of the Lagoon is given by its border deployment allotment, increasing the deployment allotment of the future buildings in the surroundings, thus making a great quantity of landfill necessary to enable and protect the vicinity, raising in roughly 4m the current deployment level.

Although the solution of deployment of a retention Lagoon is suitable for the region, due to the low population and building occupation, its low deployment cost and all benefits seen in chapter 4, there are relevant points that may be taken into consideration.

This landfill volume, besides the environmental problem during its extraction and transportation - with great movement of trucks and machines,

generating pollution and traffic - will hinder the infiltration of superficial waters in the soil due to the need of high level compaction of this landfill for the settlement of the margin of the Lagoon, besides roads, sidewalks and landscaped areas, waterproofing the soil instead of assisting its infiltration.

Another item to be considered is the current deployment of the existing buildings - as many of them are in low allotments, as observed in figure 17 - raising even more the risk of floods for the current residents, as the water level of the basin may reach 3.96m and the current deployment allotment of some buildings is 2m.

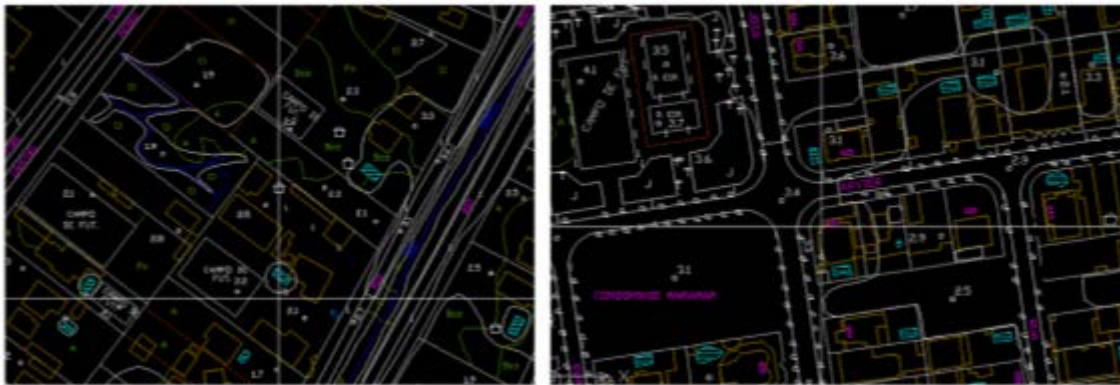


Figure 17: Altimeter allotment of the occupied area.
Source - Registry Plant of Rio de Janeiro - AUTOCAD

Understanding water retention as the most feasible solution in an environmental, financial and execution aspect for this area - considering that it will be more intensely occupied and the volume of superficially drained water will be higher than the current one, but analyzing the proposed Lagoon and its effects by the volume of water of this area as a solution of great impact, I suggest to study a second retention option, which pursuant TUCCI and GENZ (1995) is applied to hydrograph basins in the first stage urbanization, with several retention Lagoons minimizing the impact of a single Lagoon.

The first point to analyze is the possibility of making this retention close to the foot of the mountain range, where the deployment allotment of Estrada dos Bandeirantes is larger (close to 7m) and subsequently we would have greater depth for the Lagoon and smaller superficial area.

In the figure below representing the hydraulic basin of the region, I will analyze the 6 points in favor of the deployment of the Lagoon and their respective basins - to be verified:

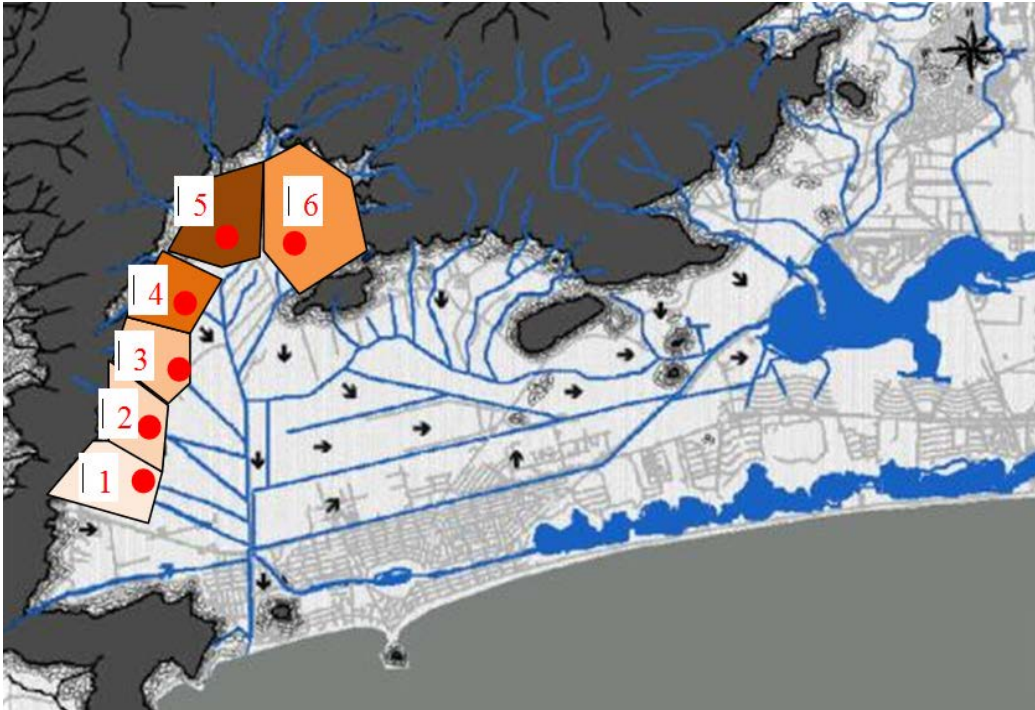


Figure 18: Suggestion of area division by smaller basins
Source: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.113/2385>

Considering that Estrada dos Bandeirantes was deployed in the 7m allotment, and that we can deploy Lagoons in each point marked above and considering the bottom of each Lagoon in the original land (1.5m allotment) we would have a 4.5m depth (considering 1m of freeboard).

Below, the 6 basins framed with their respective areas. Next I will present the separated basins and the sizing of each lagoon and their location.

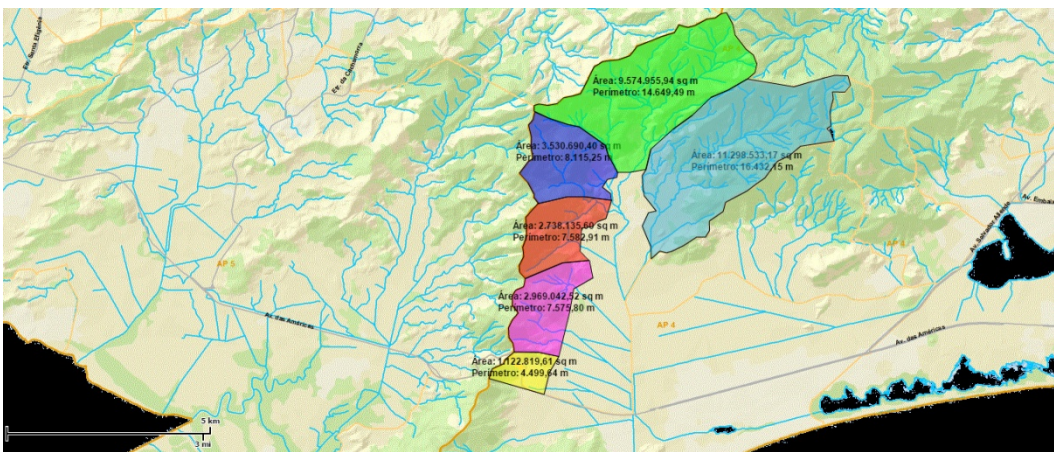


Figure 19: Basins frame.
Source: GeoRio Portal – Digital Map

BASIN 01

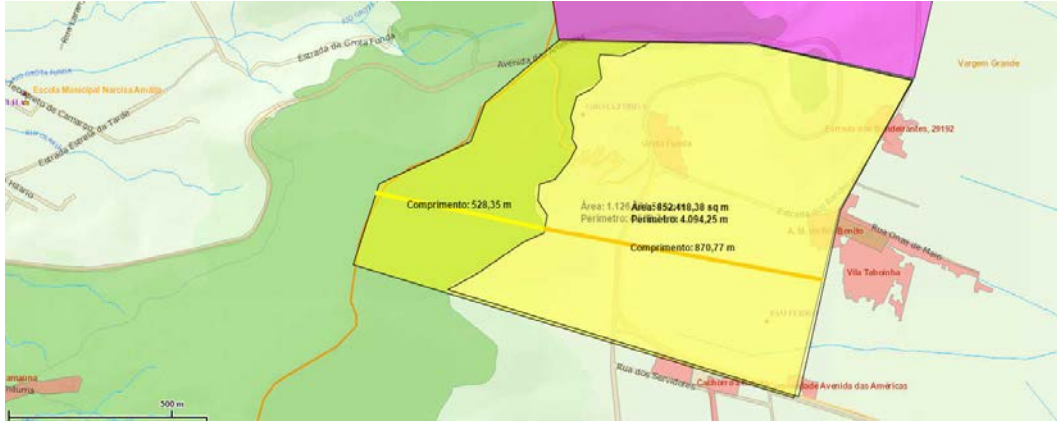


Figure 20: Basin 01.
Source: GeoRio Portal – Digital Map

DADOS LOCAIS		Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA		Valor Un.	CÁLCULOS		Valor Un.
BACIA HIDROGRÁFICA 01	Área da Bacia	1,12 Km ²	Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado	0,50	Tc1	0,05 h
	Área Baixa	0,85 Km ²	Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Alto	0,69	Tc2	0,38 h
	Área Alta	0,27 Km ²	Run Off "C" - Urbano	0,5	Declividade Baixo	0,00805	Tempo Concentração - Tc =	25,75 min
	Área da Lagoa	8,500,00 m ²	Tr - Tempo de Recorrência	10 anos			=	1.545,15 s
	Talvegue Alto	0,53 Km	Pluviômetro				Intensidade Pluviométrica - i	116,36 mm/h
	H - Talvegue Alto	373,00 m	Via 11				Vazão - Q	18,15 m ³ /s
	Talvegue Baixo	0,87 Km	a	1423				
	H - Talvegue Baixo	7,000 m	b	0,19				
	H - Descarga Bacia	0 Km	c	14,5				
			d	0,796				

VOLUME=	2,64(tc) x Qpico / 2 m ³
VOLUME=	37,009,37 m ³
NA lagoa=	4,35 m

Table 4: Basin 01.



Figure 21: Basin 01.
Source: GeoRio Portal – Digital Map

BASIN 02

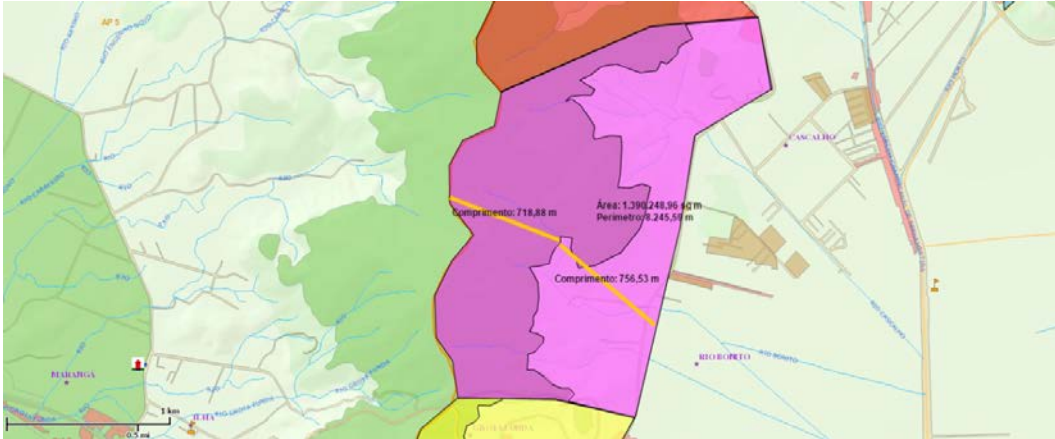


Figure 22: Basin 02.
Source: GeoRio Portal – Digital Map

BACIA HIDROGRÁFICA 02	DADOS LOCAIS	Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA	Valor Un.	CÁLCULOS	Valor Un.
		Área da Bacia	2,97 Km²	Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado
	Área Baixa	1,39 Km²	Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Alto	0,58
	Área Alta	1,58 Km²	Run Off "C" - Urbano	0,5	Declividade Baixo	0,00925
	Área da Lagoa	22.000,00 m²	Tr - Tempo de Recorrência	10 anos	Tc1	0,06 h
	Talvegue Alto	0,72 Km	Pluviômetro		Tc2	0,33 h
	H - Talvegue Alto	421,50 m	Via 11		Tempo Concentração - Tc =	23,35 min
	Talvegue Baixo	0,76 Km	a	1423	=	1.400,87 s
	H - Talvegue Baixo	7,000 m	b	0,19	Intensidade Pluviométrica - i	122,20 mm/h
	H - Descarga Bacia	0 Km	c	14,5	Vazão - Q	50,39 m³/s
			d	0,796		

VOLUME=	2,64(tc) x Qpico / 2 m³
VOLUME=	93.183,74 m³
NA lagoa=	4,24 m

Table 5: Basin 02.

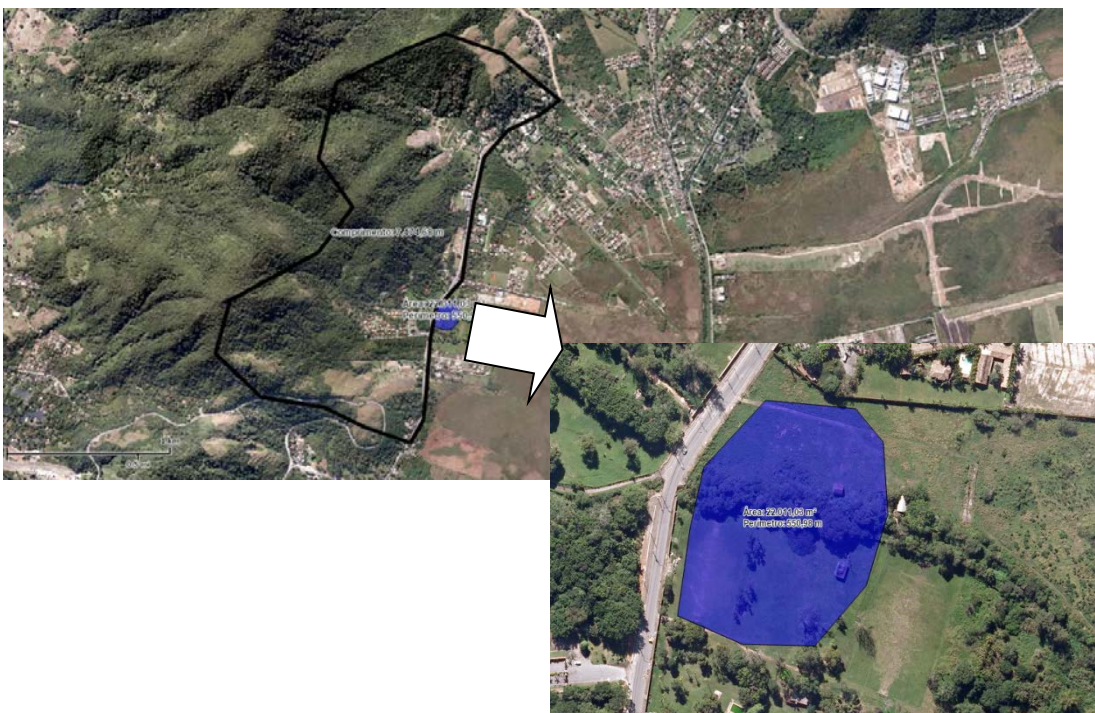


Figure 23: Basin 02.
Source: GeoRio Portal – Digital Map

BASIN 03

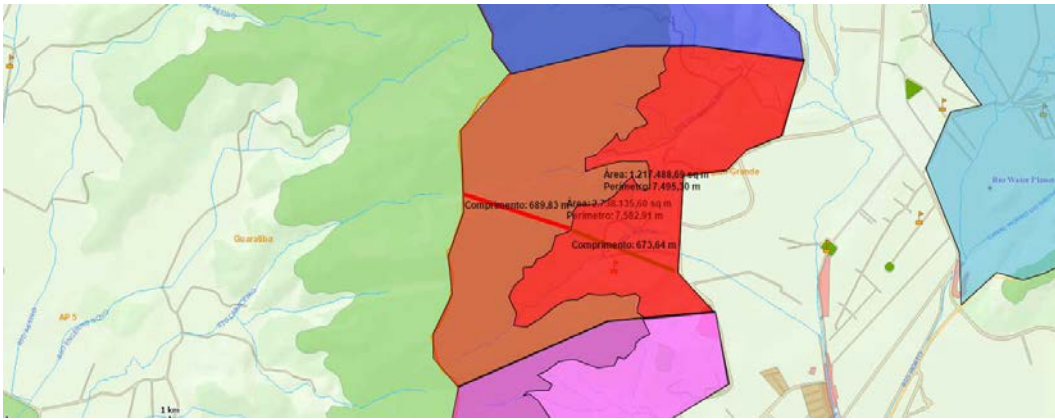


Figure 24: Basin 03
Source: GeoRio Portal – Digital Map

DADOS LOCAIS		Valor	Un.
Área da Bacia	2,74	Km²	
Área Baixa	1,22	Km²	
Área Alta	1,52	Km²	
Área da Lagoa	19.000,00	m²	
Talvegue Alto	0,69	Km	
H - Talvegue Alto	329,00	m	
Talvegue Baixo	0,67	Km	
H - Talvegue Baixo	7,000	m	
H - Descarga Bacia	0	Km	

DADOS DE REFERÊNCIA		Valor	Un.
Run Off "C" - Alta	0,5		
Run Off "C" - Baixa	0,2		
Run Off "C" - Urbano	0,5		
Tr - Tempo de Recorrência	10	anos	
Pluviômetro			
Via 11			
a	1423		
b	0,19		
c	14,5		
d	0,796		

CÁLCULOS		Valor	Un.
Run Off "C" - ponderado	0,50		
Declividade Alto	0,47		
Declividade Baixo	0,01039		
Tc1	0,07	h	
Tc2	0,28	h	
Tempo Concentração - Tc	=	21,09	min
	=	1.265,59	s
Intensidade Pluviométrica - i		128,33	mm/h
Vazão - Q		48,80	m³/s

VOLUME=	2,64(tc) x Qpico / 2	m³
VOLUME=	81.528,08	m³
NA lagoa=	4,29	m

Table 6: Basin 03



Figure 25: Basin 03
Source: GeoRio Portal – Digital Map

BASIN 04

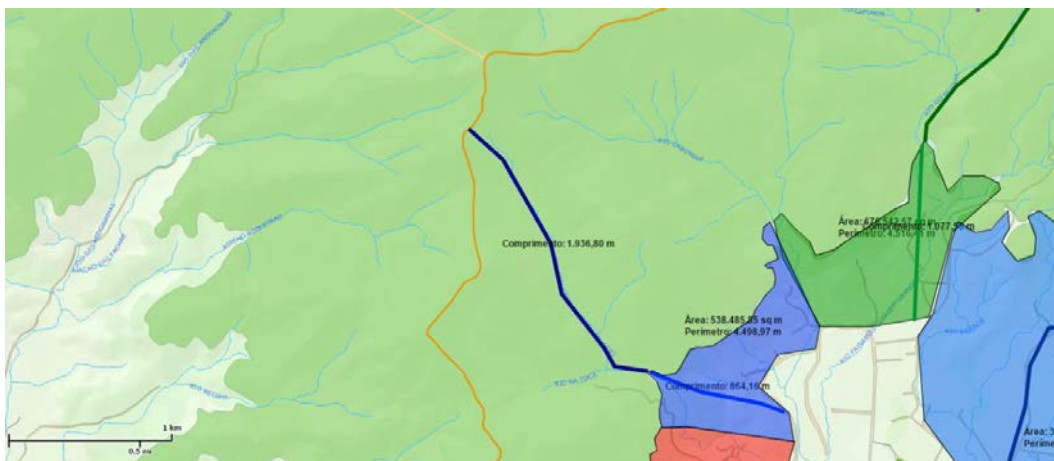


Figure 26: Basin 04
Source: GeoRio Portal – Digital Map

	DADOS LOCAIS		DADOS DE REFERÊNCIA		CÁLCULOS	
		Valor Un.		Valor Un.		Valor Un.
BACIA HIDROGRÁFICA 04	Área da Bacia	3,53 Km ²	Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado	0,50
	Área Baixa	0,54 Km ²	Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Alto	0,28
	Área Alta	2,99 Km ²	Run Off "C" - Urbano	0,5	Declividade Baixo	0,00810
	Área da Lagoa	30.000,00 m ²	Tr - Tempo de Recorrência	10 anos	Tc1	0,18 h
	Talvegue Alto	1,94 Km	Pluviômetro		Tc2	0,38 h
	H - Talvegue Alto	549,00 m	Via 11		Tempo Concentração - Tc	= 33,60 min
	Talvegue Baixo	0,86 Km	a	1423	=	2.016,09 s
	H - Talvegue Baixo	7,000 m	b	0,19	Intensidade Pluviométrica - i	100,97 mm/h
	H - Descarga Bacia	0 Km	c	14,5	Vazão - Q	49,51 m ³ /s
			d	0,796		

VOLUME=	2,64(tc) x Qpico / 2 m ³
VOLUME=	131.770,38 m ³
NA lagoa=	4,39 m

Table 7: Basin 04

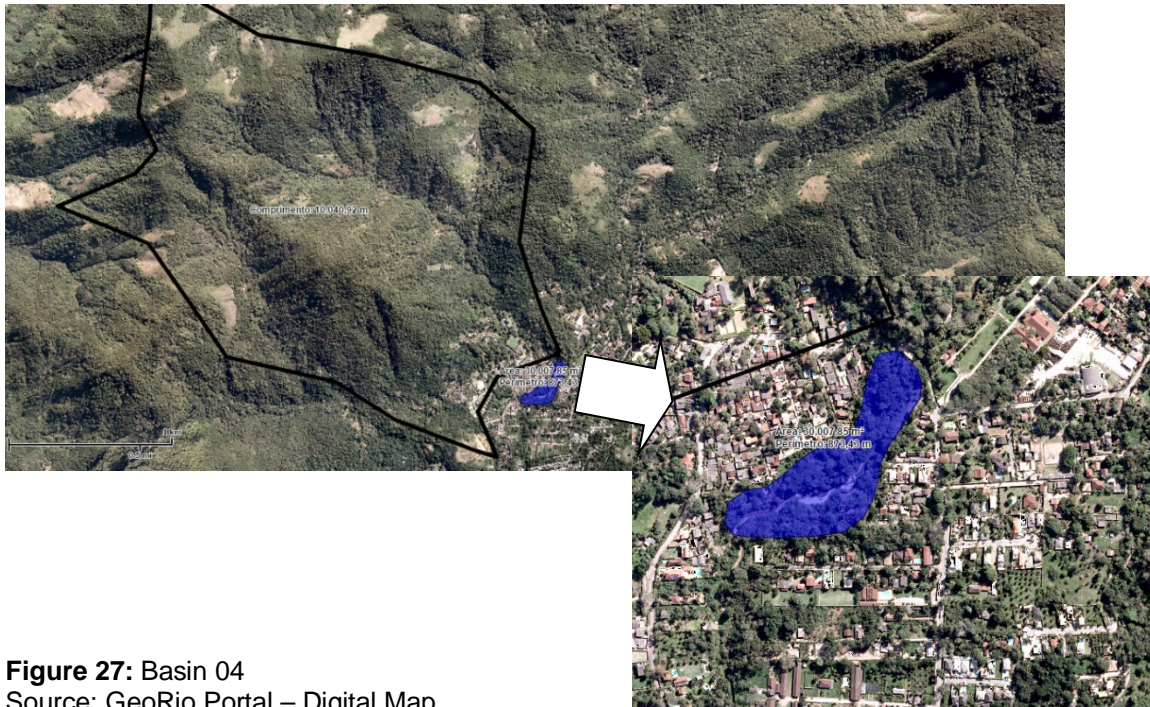


Figure 27: Basin 04
Source: GeoRio Portal – Digital Map

BASIN 05



Figure 28: Basin 05
Source: GeoRio Portal – Digital Map

DADOS LOCAIS		Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA		Valor Un.	CÁLCULOS		Valor Un.
BACIA HIDROGRÁFICA 05	Área da Bacia	9,57 Km²	Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado	0,50		
	Área Baixa	0,68 Km²	Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Alto	0,36		
	Área Alta	8,90 Km²	Run Off "C" - Urbano	0,5	Declividade Baixo	0,00650		
	Área da Lagoa	90.000,00 m²	Tr - Tempo de Recorrência	10 anos	Tc1	0,22 h		
	Talvegue Alto	2,80 Km	Pluviômetro		Tc2	0,49 h		
	H - Talvegue Alto	1.015,00 m	Via 11		Tempo Concentração - Tc =	42,44 min		
	Talvegue Baixo	1,08 Km	a	1423	=	2.546,28 s		
	H - Talvegue Baixo	7,000 m	b	0,19	Intensidade Pluviométrica - i	88,29 mm/h		
	H - Descarga Bacia	0 Km	c	14,5	Vazão - Q	117,41 m³/s		
			d	0,796				

VOLUME=	2,64(tc) x Qpico / 2 m³
VOLUME=	394.628,77 m³
NA lagoa=	4,38 m

Table 8: Basin 05

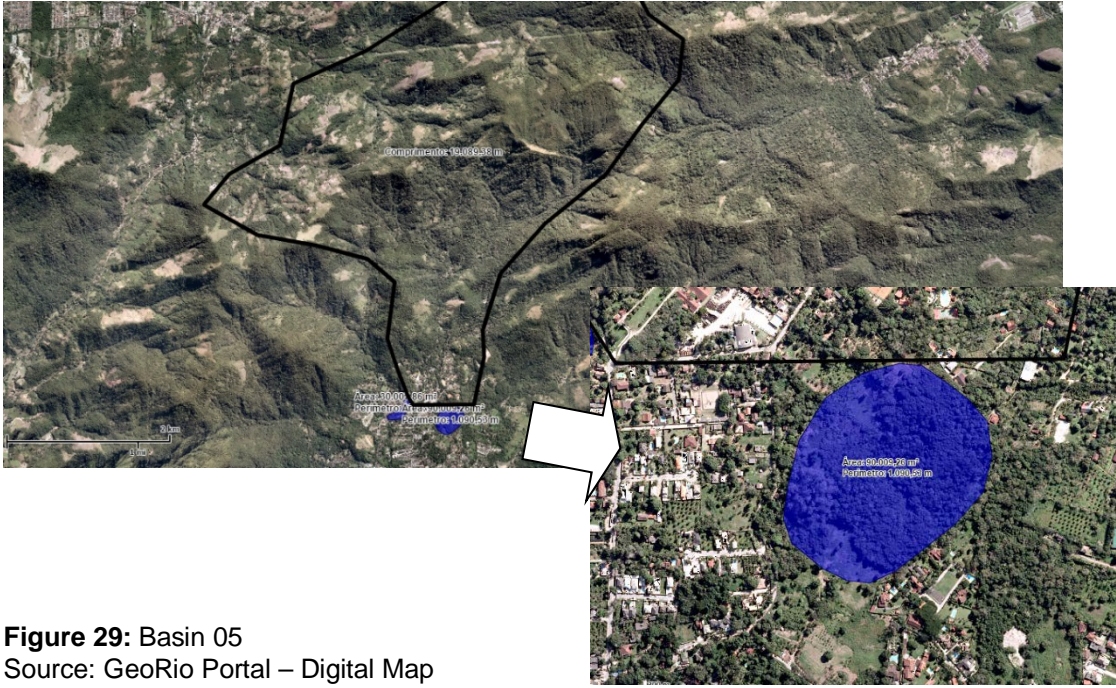


Figure 29: Basin 05
Source: GeoRio Portal – Digital Map

BASIN 06

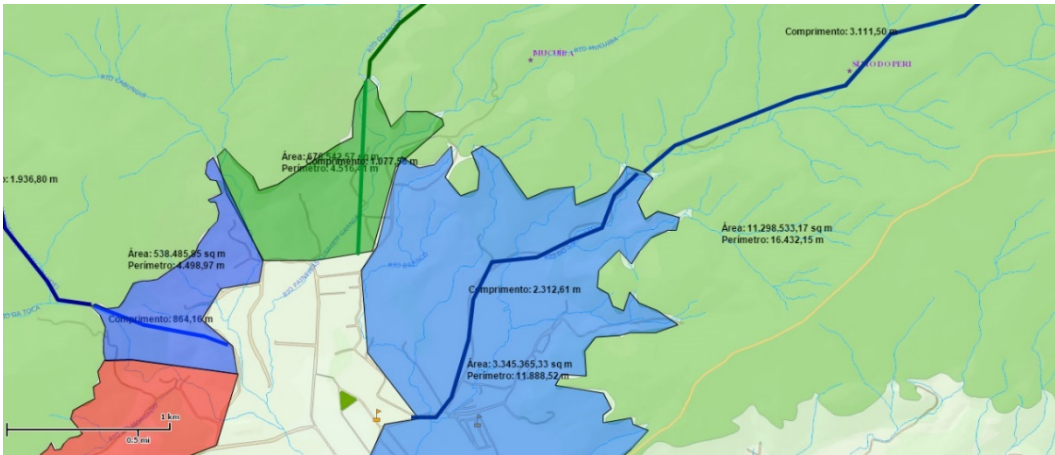


Figure 30: Basin 06
Source: GeoRio Portal – Digital Map

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913902/CA

DADOS LOCAIS		Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA		Valor Un.	CÁLCULOS		Valor Un.
BACIA HIDROGRÁFICA 06	Área da Bacia	11,30 Km²	Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado	0,50	Declividade Alto	0,24
	Área Baixa	3,35 Km²	Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Baixo	0,00303	Tc1	0,28 h
	Área Alta	7,95 Km²	Run Off "C" - Urbano	0,5	Tempo Concentração - Tc	= 87,56 min	Tc2	1,18 h
	Área da Lagoa	140.000,00 m²	Tr - Tempo de Recorrência	10 anos	Tempo Concentração - Tc	= 5.253,61 s	Intensidade Pluviométrica - i	55,48 mm/h
	Talvegue Alto	3,11 Km	Pluviômetro		Vazão - Q	87,07 m³/s		
	H - Talvegue Alto	747,00 m	Via 11					
	Talvegue Baixo	2,31 Km	a	1423				
	H - Talvegue Baixo	7,000 m	b	0,19				
	H - Descarga Bacia	0 Km	c	14,5				
			d	0,796				

VOLUME=	2,64(tc) x Qpico / 2 m³
VOLUME=	603.777,05 m³
NA lagoa=	4,31 m

Table 9: Basin 06

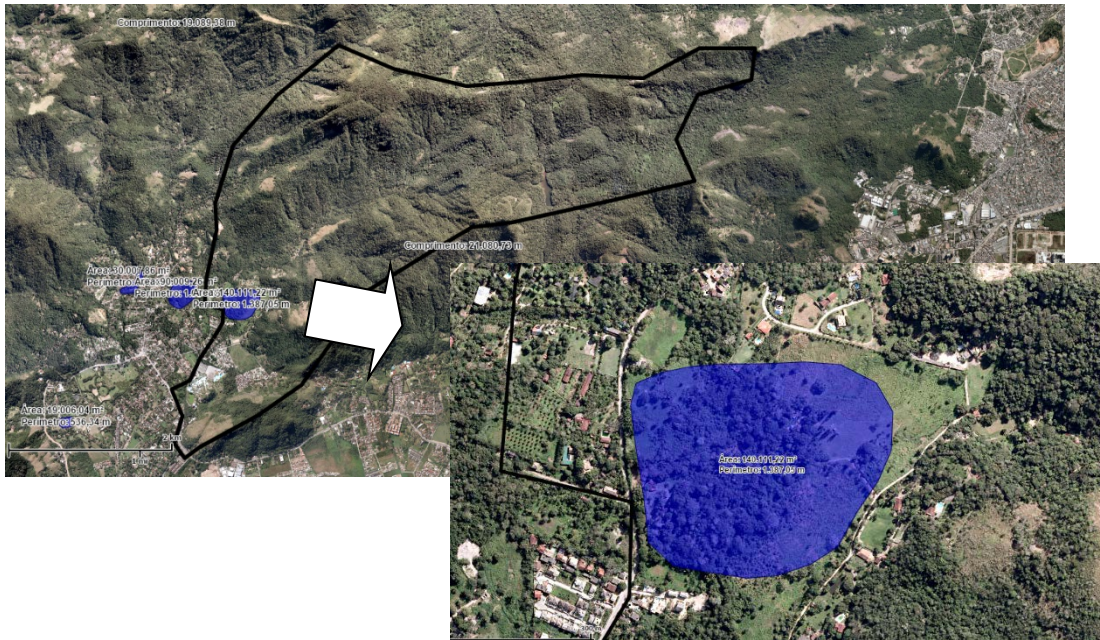


Figure 31: Basin 06
Source: GeoRio Portal – Digital Map

Therefore the impact will be smaller, the border will need less landfill, as Estrada dos Bandeirantes is consolidated and the allotment close to 7m, the lands around follow this allotment, the area of each Lagoon will also be smaller, for having higher depth (4.5m) and divided in 6 parts, generating a lower agrarian impact for occupying smaller areas.

Another benefit to be taken into consideration is the multiplication of leisure areas in the surroundings of the Lagoons, spread throughout this area, bringing more vivacity to the neighborhood.

Estrada dos Bandeirantes shall work as an important intercommunication link between the Lagoons, working as a green corridor, with public transportation, bicycle paths and with the infrastructure in general, linking flora and fauna and enriching the region.

The maintenance of existing rivers and canals linking the Lagoons to Sernambetiba Canal will be essential for the revitalization of the area and completion to water retention. The regulations transforming these canals in Linear Parks will contribute to the cushioning of the flow of the water into the Canal, in addition to creating new green corridors and leisure areas in its surroundings.



Figure 32: Area in study with the implementation of the 6 lagoons and its link with Sernambetiba Canal and flow into the sea.
Source: GeoRio Portal – Digital Map

Conclusion

The intense perspective of the occupation of the Vargens area in an area historically frail that had a late occupation, by the characterization of the soil - loamy, organic, impervious -, the history of its properties and the previous legislation in force, combined with the great variation of rivers, canals, lakes and lagoons make the region constantly swamped, also influenced by its low altitude and little declivity for outflow.

Also due to the great incidence of rain by the greatness and proximity of Pedra Branca mountain range, this area shall now be carefully studied in order to minimize future impacts, as correctly mentioned by Lucio Costa (chapter 3.2) in the 60s: "but on the other side, it seems evident that a space with such proportions and so accessible could not indefinitely continue to be immune, it would indeed have to be, sooner or later, urbanized. Its intense occupation is, now, irreversible."

This intense occupation with the intensification provided in PEU of the Vargens - legal instrument in force for the area - will be significant, widening the population density and may generate social, environmental and economical impacts.

The area object of this work, although still partially occupied, lives with several urban problems. Irregular occupations, deforestation, pollution of water, areas with floods risks and risks to the health of the local population.

The rectification of rivers and the creation of the great Sernambetiba Canal as means of traditional outflow were not sufficient to meet the current occupation, coping with constant floods and already points out to potential future problems.

In previous chapters, studying the possibility of some non-conventional solutions for the area, promoting the accumulation of water in detriment of the canalization with fast outflow of the conventional solutions, which presents more elevated costs and execution difficulties.

The deployment costs of non-conventional systems are reduced, as maintenance and operation costs. They also enable the creation of new areas of leisure and interaction with green areas, promoting social welfare and minimizing urban impacts.

Water retention may, besides the benefits aforementioned, constitute water reservation for irrigation and fire fighting.

The deployment of non-conventional systems requires the pursuit of unoccupied areas, which most of times ends up being determining in decision making, but is highly recommended for expansion areas such as the ones in this work.

The need of expropriation or creation of areas was addressed in chapter 4 and is based on the cities statute for its deployment, creating environmental interests areas for the greater good.

The retention reservoir was shown first as a good solution for local drainage, where it also disposes of great unoccupied areas that could be disposed for the formalization of this lagoon. Therefore, the whole preliminary sizing of this lagoon was made in order to capture the whole flow arising from this hydrograph basin.

The contribution of Pedra Branca mountain range in water flow is great due to its slopes and heights; the formation of the pain area soil combined with its low altitude results in a lagoon model that would require urbanization of the whole area with a great landfill quantity, bringing new problems for this area and its population, not considered an environmentally sustainable solution, as it would solve the storage problem, minimizing floods, but it would create discomfort situation hazard for the current residents close to Sernambetiba Canal that were deployed in low allotments.

Therefore we go back to the situation suggested by TUCCI and GENZ (1995) which applied to hydrograph basins in the first urbanization stage, such as the area in study, where water retention happens in several points, decreasing the only/central retention area, facilitating the regulation of the soil, the expropriations and the impacts in the existing populations.

The suggestion to minimize the impacts was the creation of 06 (six) retention Lagoons - as studied in item 4.7 - near the foot of the mountain rage, in a high deployment allotment, in an area already consolidated by the existence of Estrada dos Bandeirantes.

The deployment of the Green Infrastructure was suggested and analyzed where these Lagoons would be linked by renaturalized canals with the creation of

Linear Parks, further cushioning the outflow before waters are discharged in Sernambetiba Canal and directed to the ocean.

The creation of leisure areas in the surrounding of the Lagoons, as well as the margins of the Linear Parks would minimize the impacts of the new occupation, linking flora and fauna creating Green Corridors, bringing leisure and living benefits to the local population.

The solutions proposed herein may and shall be evaluated over time, as new technologies and new studies are carried out, and may be improved but above all shall be certified and deployed always aiming the well-being of people and the most sustainable occupation possible.

Keywords

Urban drainage; urban occupation; Vargem Grande; sustainable urban planning.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	46
1.1. Introdução	46
1.2. Objetivo	47
1.3. Organização da Dissertação	48
2. DRENAGEM URBANA	49
2.1. A Urbanização e seus efeitos	49
2.2. Soluções em drenagem	55
3. A BACIA HIDROGRÁFICA EM ESTUDO E O PEU DAS VARGENS	72
3.1. Localização	72
3.2. História das Vargens	74
3.3. PEU das Vargens	80
3.4. Hidrologia Local	83
4. ANÁLISE DE SOLUÇÃO: LAGOA DE RETENÇÃO	88
4.1. Projetos executados	88
4.2. Planejamento	93
4.3. Desafios possíveis para a implantação de uma Lagoa de Retenção	97
4.4. Implantação da Lagoa de Retenção	97
4.5. Dimensionamento da Lagoa de Retenção	100
4.6. Análise da Implantação da Lagoa de Retenção	105
4.7. Sugestão	106
5. CONCLUSÃO	117
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

Lista de figuras

Figura 1: Hidrogramas típicos de área não desenvolvida e urbanizada. Fonte: TUCCI (1994)	53
Figura 2: Superfícies de bacias hidrográficas sem a interferência humana. Fonte: BUTTNER (1994)	54
Figura 3: Consequências da interferência humana no regime hídrico das bacias hidrográficas = terrenos impermeabilizados artificialmente. Fonte: BUTTNER (1994)	54
Figura 4: Conceito máxima eficiência x detenção no escoamento das águas pluviais. Fonte: ASCE (1985)	57
Figura 5: Planejamento e controle da bacia hidrográfica no primeiro estágio de urbanização. Fonte: TUCCI e GENZ (1995)	61
Figura 6: Implantação de sistemas de infraestrutura verde em áreas urbanizadas. Fonte: http://amdoro2003.blogspot.com.br/	62
Figura 7: Croqui Esquemático – Situação Ilustrativa da diversidade e irregularidade de ocupação da planície aluvial, com área propícia à implantação de Parque Linear.	66
Figura 8: Croqui Esquemático – Parque Linear do Rio Dilúvio – Porto Alegre. Fonte: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/11.123/3803?page=3	66
Figura 9: Croqui Esquemático – Parque Linear – concurso – Curitiba. Fonte: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/09.107/2990?page=5	67
Figura 10: Parque Linear – Kioto – Foto: Cecília Herzorg. Fonte: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/11.130/3900	67
Figura 11: Parque Linear Barigui – Curitiba. Fonte: http://www.odiarioverde.com.br/2011/06/curitiba-tera-parque-linear-as-margens-do-rio-barigui/	68

Figura 12: Reservatório ou bacia de detenção em sistemas de drenagem das águas pluviais. Fonte: CAMPANA e TUCCI (1994)	70
Figura 13: Reservatório ou bacia de retenção em sistemas de drenagem das águas pluviais Fonte: CAMPANA e TUCCI (1994)	71
Figura 14: Localização da área em estudo na Barra da Tijuca. Foto: Google Earth	72
Figura 15: Localização da área em estudo no maciço da Pedra Branca. Foto: Google Earth	72
Figura 16: Localização da área em estudo no maciço da Pedra Branca. Foto: Google Earth	73
Figura 17: Localização da área em estudo no maciço da Pedra Branca. Foto: Google Earth	73
Figura 18: Vista aérea da Restinga da Marambaia e do maciço da Pedra Branca à direita. Foto: Google Earth	74
Figura 19: Vista aérea da Região da Barra da Tijuca e adjacências com o maciço da Pedra Branca à esquerda e o maciço da Tijuca à direita. Foto: Google Earth	75
Figura 20: Hidrologia e drenagem superficial do maciço da Pedra Branca e sistema lagunar da Barra da Tijuca. Fonte: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.113/2385	85
Figura 21: Jusante do Canal da Sernambetiba na praia da Macumba – Recreio dos Bandeirantes Foto: Google Earth	86
Figura 22: Área alagadiça entre o Canal de Sernambetiba e o maciço da Pedra Branca Foto: Google Earth	87
Figura 23: Lagoa da Pampulha – Belo Horizonte. Foto: Google Earth	88
Figura 24: Parque São Lourenço – Curitiba. Foto: Google Earth	90
Figura 25: Parque Barigui – Curitiba. Foto: Google Earth	91

Figura 26: Reservatório de Lower Seletar e Bedok - Cingapura Foto: Desconhecido - http://celetube.blogspot.com.br/2011/06/bedok-92reservoir-wuluo-xushuichi-b97edok.html	92
Figura 27: Reservatórios de Detenção do Maracanã – Rio de Janeiro Fonte: Reportagem O Globo	93
Figura 28: Bacias e sub-bacias hidrográficas – 2004 (Parte) Fonte: IPP – Gerencia de Cartografia 2004	98
Figura 29: Área permanentemente alagada entre o Canal de Sernambetiba e o maciço da Pedra Branca. Foto – Google Earth – 16/06/2009	98
Figura 30: Área permanentemente alagada entre o Canal de Sernambetiba e o maciço da Pedra Branca. Foto – Google Earth – 16/06/2009	99
Figura 31: Bacia de contribuição. Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	100
Figura 32: Área baixa da bacia.. Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	100
Figura 33: Cota altimétrica da área baixa e alagada. Fonte – Plantas Cadastrais do Rio de Janeiro – AUTOCAD	103
Figura 34: Área baixa da bacia.. Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	104
Figura 35: Área em estudo. Fonte: Google Earth – 04/04/2012	104
Figura 36: Área da Lagoa de Retenção. Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	105
Figura 37: Cota altimétrica da área ocupada. Fonte: Plantas Cadastrais do Rio de Janeiro – AUTOCAD	106
Figura 38: Sugestão de divisão da área por bacias menores	107
Figura 39: Demarcação das bacias. Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	108
Figura 40: Bacia 01. Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	108
Figura 41: Bacia 01. Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	109

Figura 42: Bacia 02. Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	109
Figura 43: Bacia 02. Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	110
Figura 44: Bacia 03 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	110
Figura 45: Bacia 03 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	111
Figura 46: Bacia 04 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	111
Figura 47: Bacia 04 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	112
Figura 48: Bacia 05 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	112
Figura 49: Bacia 05 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	113
Figura 50: Bacia 06 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	114
Figura 51: Bacia 06 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	114
Figura 52: Área em estudo com a implantação das 6 lagoas e sua interligação com o Canal da Sernambetiba e o deságue no mar Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital	116

Lista de tabelas

Tabela 1: Critérios para projeto de bacias de detenção ou de retenção das águas pluviais. Fonte: NASCIMENTO et al. (1999)	95
Tabela 2: Dados locais e de referência. Fonte: Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de drenagem Urbana da Secretaria de Obras do Rio de Janeiro – Rio Águas	100
Tabela 3: Cálculo de Vazão.	100
Tabela 4: Cálculo de Volume.	101
Tabela 5: Bacia 01.	107
Tabela 6: Bacia 02.	109
Tabela 7: Bacia 03.	110
Tabela 8: Bacia 04.	111
Tabela 9: Bacia 05.	112
Tabela 10: Bacia 06.	113

1

INTRODUÇÃO

1.1

Introdução

O acelerado processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas, notadamente nos países em desenvolvimento como o Brasil, é um dos principais fatores responsáveis pelo agravamento dos problemas relacionados a inundações nas cidades. Devido à contínua impermeabilização das bacias hidrográficas, estas ocorrem com maior frequência, com maior volume de águas, gerando prejuízos econômicos, desastres ambientais, populações ribeirinhas desabrigadas e perda de vidas humanas.

A inexistência de Planos Diretores de Drenagem Urbana, que procurem equacionar os problemas de drenagem contemplando a bacia hidrográfica, a falta de mecanismos legais e administrativos eficientes que permitam uma correta gestão das consequências de processos de urbanização nas enchentes urbanas, bem como a concepção inadequada da maioria dos projetos de drenagem urbana, só fazem contribuir para o agravamento do problema.

A cidade do Rio de Janeiro, assim como grande parte das cidades brasileiras e mundiais, sofre com a escassez de recursos para aplicação em infraestrutura urbana.

O próprio bairro da Barra da Tijuca, nova área de expansão da cidade, que teve seu plano diretor aprovado em 1969, é um exemplo de como falhas e omissões na implementação de projetos de drenagem, de energia elétrica, redes de esgoto, coleta de resíduos, transporte público, entre outros serviços, gera uma situação presente onde soluções são muito mais complexas, difíceis e onerosas, quando ainda possíveis, do que se tivessem adequadamente tomadas durante a fase de consolidação do bairro.

Outro exemplo na zona oeste da cidade, é a região dos bairros das Vargens (Vargem Grande, Vargem Pequena), área agrícola já parcialmente ocupada, que enfrenta diversos problemas relacionados com a precária infraestrutura existente, que podem ser agravados no futuro próximo, com o

Projeto de Estruturação Urbana (PEU) das Vargens - lei municipal 104/2009 - que cria novas regras de construção e ocupação para a região com alteração de gabaritos, índices de construção e taxas de ocupação.

A história do Rio se repete com a oferta de novas áreas para a construção civil, enquanto que bairros antigos vão sendo abandonados, com a degradação urbana da cidade. Cada vez mais investimentos são exigidos, mas com resultados pouco satisfatórios.

1.2

Objetivos

Segundo as Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo, elaborada pela Prefeitura do Município de São Paulo (abril de 1999):

“No contexto do desenvolvimento regional, os programas de drenagem urbana devem ser orientados pelos seguintes objetivos principais:

- 1) reduzir a exposição da população e das propriedades ao risco de inundações;
- 2) reduzir sistematicamente o nível de danos causados por inundações;
- 3) preservar as várzeas não urbanizadas numa condição que minimize as interferências com o escoamento das vazões de cheias, com a sua capacidade de armazenamento, com os ecossistemas aquáticos e terrestres de especial importância e com a interface entre as águas superficiais e subterrâneas;
- 4) assegurar que as medidas corretivas sejam compatíveis com as metas e objetivos regionais;
- 5) minimizar os problemas de erosão e sedimentação;
- 6) proteger a qualidade ambiental e o bem-estar social;
- 7) promover a utilização das várzeas para atividades de lazer e contemplação.”

Baseado nestas premissas, este trabalho tem como objetivo estudar as principais opções possíveis na disciplina de drenagem urbana para a área das Vargens visando minimizar os impactos da ocupação prevista no ambiente urbano atual após a aprovação dos novos parâmetros urbanísticos numa área ambientalmente frágil. As alternativas que serão estudadas devem ser ambientalmente corretas, socialmente justas, economicamente viáveis e partilhada por todos agentes: poder público, privado e os cidadãos, contribuindo para a Sustentabilidade Urbana

1.3 Organização da Dissertação

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos.

No capítulo 1, aqui apresentado, introduz o assunto tema da dissertação, explicitando seus objetivos e a organização do mesmo.

O capítulo 2 introduz o tema Drenagem Urbana, citando os efeitos da urbanização, da ocupação desordenada e muitas vezes irregular no ambiente urbano. Cita ainda os possíveis riscos e transtornos causados por enchentes e seus principais motivos. Na segunda parte deste capítulo, são apresentadas algumas das principais soluções possíveis em Drenagem Urbana para ambientes já urbanizados, à urbanizar e em fase de urbanização, com soluções tradicionais e não-tradicionais a fim de minimizar os impactos das ocupações no ambiente urbano.

O capítulo 3 é reservado para descrição da área de estudo, analisando sua transformação morfológica ao longo do tempo, a história de ocupação e atual situação fundiária. Este capítulo também analisa o PEU das Vargens, seu histórico, aprovação, polêmicas e contestações relacionadas com os possíveis impactos ambientais que são esperados com sua aprovação.

O capítulo 4, após apresentada e analisada as possíveis soluções em Drenagem Urbana (capítulo 2) e as condições da área de estudo (capítulo 3) sugere a implantação de uma lagoa de retenção para esta área no bairro de Vargem Grande, com dimensionamento e análise de seus prováveis impactos, descrevendo outras soluções de mesmo tipo já executadas no Brasil, o planejamento e os desafios necessário para esta implantação, o local para a mesma e seu dimensionamento, analisando seus impactos e sua viabilidade.

No capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões deste trabalho com propostas e sugestões para continuidade das pesquisas nesta mesma linha.

2

DRENAGEM URBANA

2.1

A Urbanização e seus Efeitos

Ocupação Desordenada e Irregular - Riscos

Na visão tradicional, as cidades são tidas como áreas estranhas ou mesmo opostas à natureza (TORRES, 2007). Esse pensamento desenvolveu-se após a revolução industrial, mais precisamente no início do século XIX, quando a humanidade colhia os primeiros frutos da ocupação desordenada e destruição indiscriminada dos ecossistemas em áreas urbanas.

Ascendeu no imaginário coletivo, uma visão romantizada do ambiente natural, o qual foi retratado nas artes e literatura. Nesse sentido, a insalubridade do ambiente urbano naquele século gerou as primeiras discussões acerca do planejamento urbano e da preservação ambiental.

Entretanto, somente após a segunda guerra mundial, com a previsão alarmante da ONU sobre o crescimento populacional exagerado (1959) e as primeiras catástrofes ambientais de larga escala, é que se disseminou o denominado ecologismo.

No Brasil, com sua industrialização tardia, viu-se o inchamento das cidades com o êxodo rural e a conseqüente queda na qualidade de vida dos indivíduos que residiam nesses locais. Para se ter uma ideia, o primeiro regulamento urbano do Brasil foi o Decreto Lei 58/1937. Esse decreto regulava os loteamentos irregulares, que se disseminaram principalmente na região sudeste do país. Pode-se perceber o caráter rural da sociedade brasileira até então.

Nesse contexto, formaram-se os maiores problemas vivenciados pelas grandes metrópoles brasileiras. O crescimento horizontal desordenado, a invasão de áreas protegidas, a ausência de planejamento e a precariedade das habitações, retratos da realidade dos municípios populosos do Brasil e de todo terceiro mundo.

A Constituição Federal de 1988, primeira lei maior a prever dispositivos de direito urbanístico, apontou em seus artigos 182 e 183 a necessidade de Reforma Urbana. Entretanto, até o ano de 2001, tais disposições careciam de regulamentação. Assim, em 11/07/2001, entrou em vigência o Estatuto da Cidade, lei 10.257, principal diploma do Direito brasileiro que rege a tutela ao meio ambiente em âmbito urbano.

Muita esperança foi depositada nesse instrumento de regular e contornar os graves problemas de desorganização e má distribuição de recursos nas cidades brasileiras. Todavia, após alguns anos de promulgação da lei, pouco se fez em cumprimento a seus objetivos.

O desafio cabível às autoridades administrativas brasileiras, é conciliar os interesses coletivos de preservação do meio ambiente com a garantia de dignidade ao cidadão residente nas periferias e favelas das grandes cidades e do desenvolvimento econômico dessas.

A região das Vargens em geral e a área delimitada neste trabalho em especial foi desenvolvida segundo parâmetros baseados no Decreto 3046/81, que previa restrições edilícias com baixas taxas de ocupação, de gabarito e de índices construtivos, mas não fez com que se mantivesse um equilíbrio no ecossistema local já que houve supressão de áreas alagadiças e de brejos em detrimento à área de pastagens e cultivo de alimentos entre outros usos, além da falta de fiscalização do poder público para se evitar a ocupação irregular de áreas públicas e não edificantes como em faixas marginais de rios e canais.

Os novos parâmetros estabelecidos no PEU das Vargens (LC 104/2009) preveem um adensamento populacional maior devido ao aumento das taxas de ocupação, dos gabaritos e dos índices construtivos, podendo gerar novos impactos na região que deverão ser avaliados, se possível, antes desta ocupação. Com o crescimento e desenvolvimento da região da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes, os serviços e comércios oferecidos, a oportunidade de novos empregos - principalmente na construção civil – aliados à falta de uma política habitacional nacional eficiente, oferta de transporte público de qualidade, grande distância entre centros urbanos entre outros, fez com que esta área fosse ocupada de forma irregular por uma população carente, trazendo riscos de segurança e principalmente de saúde aos novos moradores, assim como aos moradores locais.

Atualmente as margens de alguns rios estão ocupadas gerando poluição, assoreamento, erosão e desvio no curso destes rios, implicando em perda da qualidade das águas, do solo, do ecossistema local e conseqüentemente provocando frequentes enchentes e riscos à saúde.

Efeitos da Urbanização

Segundo FRANCO (2004), os prejuízos e transtornos causados pelas enchentes são, desde o início da civilização, um dos grandes entraves ao desenvolvimento contínuo da sociedade. Com o aumento na densidade dos agregados urbanos, mais do que um simples impedimento ao transporte ou perda de colheitas, as cheias têm provocado perdas econômicas significativas, além de doenças e epidemias, em muitos casos resultando na perda de vidas humanas.

Deste modo o problema das cheias, e em particular, das cheias urbanas, tem levado inúmeros pesquisadores a buscar uma solução efetiva para o seu controle. O controle de cheias é entendido como o conjunto de medidas que visa reduzir os seus impactos ou a neutralização das conseqüências da interferência antrópica que tende em geral a agravar as cheias. As medidas de proteção e controle de enchentes baseiam-se em geral no equilíbrio entre o custo das medidas mitigadoras e a redução dos prejuízos causados pelas enchentes.

A urbanização crescente das bacias hidrográficas (ROBERTO FENDRICH, 2002) devido aos usos e ocupações dos solos, impondo elevadas taxas de impermeabilização dos terrenos, é uma preocupação constante dos pesquisadores e técnicos das áreas de Geologia, Hidrologia, Geografia e do Planejamento Urbano, devido a estas favorecerem o incremento dos níveis máximos das enchentes urbanas, assim como das áreas inundáveis, causando enormes prejuízos materiais a população e à economia das cidades e, sem mensuração, inúmeras vítimas fatais que quase sempre ocorrem nos eventos mais críticos das precipitações pluviais.

Efeitos da urbanização sobre o clima incluem mudanças no balanço energético, poluição atmosférica, e na circulação atmosférica, causadas pelas construções e outras transformações impostas pelo uso e ocupação dos solos. As ilhas de calor causadas pelo aumento da temperatura do ar, sobre áreas urbanas,

comparadas com as localidades circunvizinhas, é uma das principais modificações no clima urbano.

Ainda segundo FENDRICH (2002), avaliações feitas na URSS, EUA e, em outros países, mostraram que a precipitação total anual, em cidades altamente urbanizadas, em geral, é 5 a 10% maiores do que nas circunvizinhanças destas localidades, e por vezes, 30% maiores para determinadas chuvas.

Uma parte relevante do escoamento urbano são as enchentes e seus níveis máximos, formas e volumes dos hidrogramas que definem os projetos das redes de esgotamento pluvial urbano. A variedade das estruturas impermeáveis, e das ruas e avenidas, com a construção dos sistemas de esgotamento pluvial explicam a rapidez do escoamento para o interior dos condutos.

Coefficientes de escoamento superficial tendem a aumentar rapidamente, comparando-os com os das áreas não urbanizadas. De acordo com dados de cientistas norte americanos (ROBERTO FENDRICH, 2002), a urbanização total de uma bacia hidrográfica poderá aumentar de 5 até 10 vezes a sua vazão média de enchente. Escoamento superficial em áreas impermeáveis podem ser centenas de vezes maiores do que o escoamento nas áreas naturais. Coeficientes de escoamento para solos permeáveis e coberturas naturais podem variar de 0,01 até 0,90, dependendo das intensidades da chuva e das condições de umidade antecedentes dos solos da bacia hidrográfica.

TUCCI (1994) salienta que a vazão máxima aumenta com a urbanização devido a duas condições principais: Impermeabilização dos solos e a redução do tempo de deslocamento do escoamento. A impermeabilização faz com que parte significativa da água da chuva que se infiltraria, escoe pelos pavimentos até a rede pluvial, aumentando o escoamento superficial de cada parcela urbana. Com a construção das galerias de águas pluviais, canais e outros dispositivos hidráulicos, o escoamento chega mais rápido a jusante, reduzindo o tempo de concentração da bacia.

O desenvolvimento urbano, segundo GÓMEZ e DOLZ (1994), altera substancialmente a hidrologia das bacias hidrográficas. Em particular, se modificam a rede de drenagem e o processo de transformação chuva-escoamento. Como consequência da urbanização, os canais naturais que conformavam a rede hidrográfica original serão alterados profundamente, afetando de forma direta sua

capacidade de escoamento e, portanto, propiciando o surgimento das enchentes urbanas.

TUCCI (1994) subdivide as enchentes em dois tipos: Enchentes de águas ribeirinhas, que ocorrem pelo processo natural e, os rios ocupam seu leito maior quando das chuvas extremas críticas; Enchentes devido a urbanização ocorrem quando existe a impermeabilização dos solos. Telhados, ruas, calçadas, estacionamentos, etc., fazem com que as águas pluviais não possam mais infiltrar no solo. Na área urbanizada aumenta a vazão máxima, ocorre antecipação do pico e aumento do volume de escoamento superficial, conforme indicado na figura 1 abaixo:

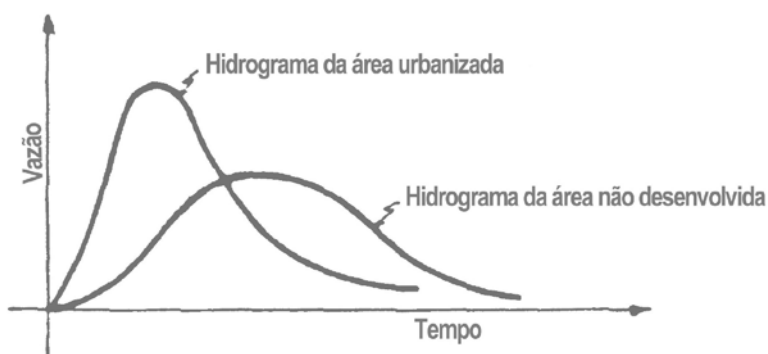


Figura 1: Hidrogramas típicos de área não desenvolvida e urbanizada
Fonte: TUCCI (1994)

BUETTNER (1994) retrata na figura 2 abaixo as consequências de uma precipitação pluvial sobre uma superfície sem a interferência humana. As águas de chuva escoam gradativamente e devido a permeabilidade natural do solo, ocorre a infiltração através da porosidade. Assim, o solo bem aerado e irrigado confere boas condições de desenvolvimento dos micro-organismos e, conseqüentemente, das áreas verdes. A presença dessas áreas propicia grande evapotranspiração, regularizando a umidade atmosférica. Ao final das precipitações, com grande capacidade de infiltração, existem boas condições de recarga dos aquíferos. Em consequência desse equilíbrio hídrico, após as precipitações pluviais, tem-se um baixo escoamento superficial.

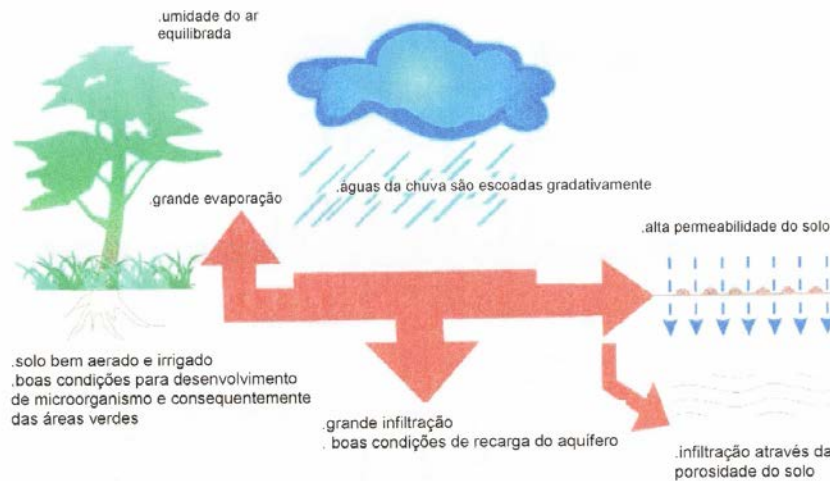


Figura 2: Superfícies de bacias hidrográficas sem a interferência humana
Fonte: BUTTNER (1994)

A figura 3 esquematiza as consequências de uma precipitação pluvial sobre uma superfície modificada pela ação humana. As águas de chuva escoam rapidamente e, devido à impermeabilização dos solos pelas construções e pavimentações, é interrompida a permuta de umidade entre o solo e a atmosfera. A diminuição da infiltração causa o rebaixamento do lençol freático, com escoamento superficial mais rápido e volumoso, sobrecarregando as canalizações de drenagem e, aumento no perigo de enchentes.

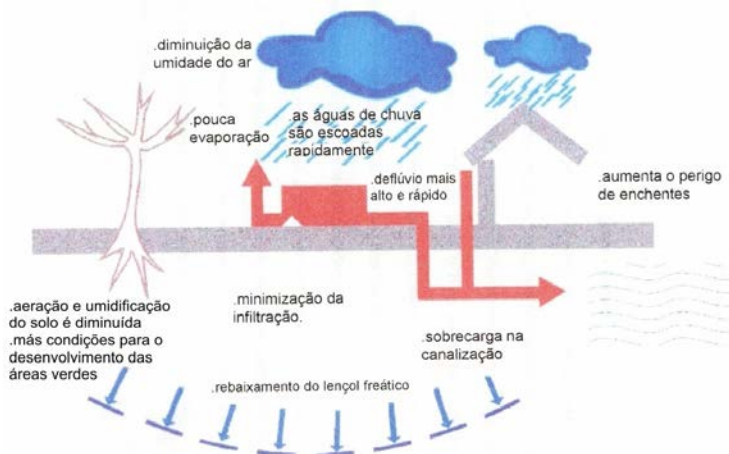


Figura 3: Consequências da interferência humana no regime hídrico das bacias hidrográficas = terrenos impermeabilizados artificialmente
Fonte: BUTTNER (1994)

Segundo BRAGA (1994) a crescente urbanização ocorrida nos últimos 40 a 50 anos em todo o mundo gerou uma demanda por controle de inundações. Em particular, nos países em desenvolvimento, localizados no chamado trópico

úmido, esse processo foi explosivo, invertendo a relação de 30% de população urbana e 70% da rural nos anos 40 para 70% de população urbana e de 30% de população rural nos anos 90. Sistemas de drenagem urbana tradicionais têm sido utilizados nestes países sob a égide de livrar-se da enchente o mais rápido possível. Neste caso canais são construídos e revestidos para dar maior escoamento às vazões de cheia que passam a importunar quem vive a jusante.

Os efeitos da urbanização afetam diretamente não só a área urbanizada, mas todo o seu entorno. A ocupação da baixada de Jacarepaguá, da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes aconteceu de forma gradual até o final da década de 70. A partir da década de 80 até hoje houve um desenvolvimento intenso com a ocupação destas áreas por prédios residenciais e comerciais, onde as soluções de infraestrutura foram apresentadas e implantadas após a ocupação já consolidada.

Na área das Vargens em especial, com os parâmetros de edificação restritivos, a ocupação foi lenta e sofreu durante os diversos governos que se sucederam com a falta de soluções em infraestrutura durante estas últimas décadas. Por ser uma área historicamente frágil com baixa altitude, pouca declividade para escoamento e muita contribuição de águas devido à proximidade com o maciço da Pedra Branca, as soluções adotadas na disciplina de drenagem urbana especificamente, como a retificação dos rios (forma convencional de escoamento rápido adotado na região), a interligação destes rios e canais com as lagoas de Jacarepaguá, a comunicação precária com o oceano escoando a jusante, todas estas intervenções resolveram parcialmente e paliativamente o deságue das águas, mas não contribuíram para o fim das enchentes, cada vez mais frequentes.

O incentivo à ocupação pelo PEU das Vargens, como veremos no capítulo 3, deve gerar discussões sobre a melhor forma de intervir nas soluções não só na disciplina de drenagem urbana, mas em toda a infraestrutura necessária para atender a esta nova demanda.

Soluções em Drenagem

A preocupação constante para minimização das enchentes urbanas está traduzida em todos os modelos hidrológicos de escoamento superficial, nos coeficientes de escoamento superficial, nos métodos hidrológicos para avaliação das vazões máximas, e ainda na preocupação com o tipo de arborização a ser usada no ambiente urbano, com a utilização de parâmetros para taxas de áreas permeáveis e impermeáveis dos solos, levando a uma maior infiltração das águas pluviais e recarga dos aquíferos nas bacias hidrográficas urbanizadas.

Para amenizar as enchentes torna-se necessária, antes de qualquer coisa, uma boa política de gestão dos solos. Mas outras medidas poderão atenuar o impacto do problema, como a adoção de técnicas que favoreçam a infiltração (em logradouros, arruamentos, zonas de estacionamento, etc.) ou a retenção das águas (bacias de retenção, por exemplo).

As medidas corretivas e preventivas que visam à minimização dos danos das enchentes são classificadas em: Soluções Convencionais e Soluções não Convencionais.

Com relação aos problemas das enchentes urbanas, CANHOLI (1995) fornece importantes contribuições para a solução dos mesmos.

A solução dos problemas pela via convencional, invariavelmente, envolve a aplicação de grandes somas de recursos, aliado ao fato de que, pela forma pouco planejada do crescimento das cidades pode se tornar impraticável, a introdução desses conceitos torna-se imperativa, mesmo porque outros benefícios como o controle de qualidade da água e a readequação de sistemas existentes, poderão ser conseguidos pela aplicação destes novos métodos.

Diversos condicionantes multidisciplinares de projeto, de operação e manutenção, e ambientais emergem quando se procura introduzir procedimentos inovativos de projeto. As soluções alternativas são na maior parte voltadas para a reservação e retardamento dos escoamentos, em contrapartida aos conceitos convencionais de canalização, onde se objetiva a aceleração dos escoamentos. Desta forma, ampliam-se os requisitos necessários de projeto, incluindo análises geológico-geotécnicas especiais, de qualidade da água, de segurança, de usos múltiplos, de equipamentos eletromecânicos, entre outros.

O controle das enchentes urbanas pela macro drenagem, segundo TUCCI e GENZ (1995), na realidade brasileira, tem sido realizado, por meio de canalizações. Os canais são dimensionados para escoar vazões de projeto com tempos de recorrência variando entre 25 a 100 anos. Nos casos dos canais com paredes estruturais revestidas, quando não existe mais espaço para ampliá-los lateralmente e, tem condições de serem aprofundados, os custos aumentam em escala exponencial.

De acordo com ASCE (1985), tradicionalmente, os problemas de drenagem e prevenção a enchentes urbanas são abordados por meio do conceito de máxima eficiência (conveyance approach) no escoamento, ou seja, escoar rapidamente para jusante as águas pluviais. Entretanto, à vinte anos foi introduzido no planejamento dos sistemas de drenagem urbana, o conceito de armazenamento para detenção das águas pluviais (storage detention approach). O conceito está baseado na coleta e detenção temporária de parte, ou da totalidade do escoamento, durante e logo após a ocorrência da chuva, proporcionando o controle do escoamento para jusante. Uma comparação entre os dois conceitos está indicada na figura 4 abaixo:

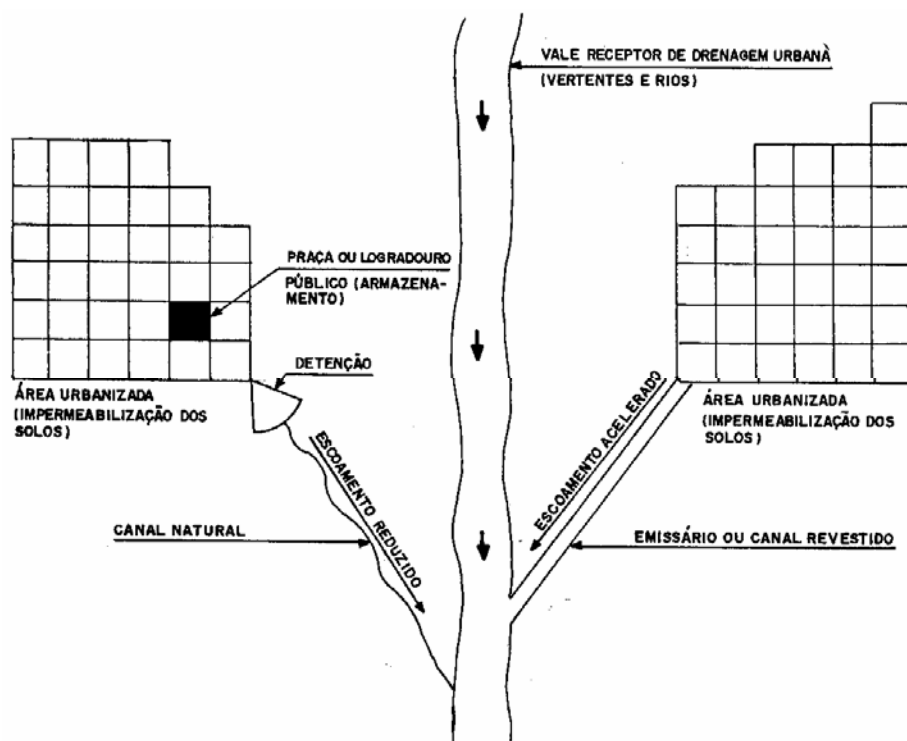


Figura 4: Conceito máxima eficiência x detenção no escoamento das águas pluviais
Fonte: ASCE (1985)

De acordo com UNESCO (1987) o efeito combinado da industrialização, urbanização e crescimento populacional, alteram o comportamento do ciclo hidrológico, causando impactos ambientais.

Drenagem Urbana, um sistema hidrológico urbano de grande complexidade, parte integrante deste ciclo, deverá ter seu planejamento inter-relacionado com o planejamento dos sistemas de abastecimento e tratamento de água, da coleta e tratamento dos esgotos sanitários, e ainda, com outros que são partes integrantes do planejamento urbano global.

De acordo com CANHOLI (1995), os conceitos inovadores mais adotados para readequação ou, aumento da eficiência hidráulica dos sistemas de drenagem, no controle das enchentes, objetivam principalmente:

- a.) Promover o retardamento dos escoamentos, de forma a aumentar os tempos de concentração e a consequente redução das vazões máximas;
- b.) Amortecer os picos das enchentes pela detenção em reservatórios;
- c.) Conter os escoamentos na fonte, pela melhoria das condições da infiltração, ou ainda, em reservatórios de detenção.

Isto significa uma mudança radical na filosofia das soluções estruturais na drenagem urbana, onde a solução sempre se resumiu as obras de canalização com aceleração dos escoamentos.

Embora na bibliografia sejam encontrados muitos exemplos da aplicação da conceituação descrita, no Brasil, a aplicação destes novos conceitos, ou mesmo a verificação da sua aplicabilidade, ainda é muito incipiente.

Soluções não convencionais na drenagem urbana, tais como estruturas, obras, dispositivos, ou ainda, conceitos diferenciados de projeto, cuja utilização não se encontra disseminada no Brasil são as soluções que diferem do conceito tradicional de canalização, ou estão a elas associadas, para sua adequação ou otimização do sistema de drenagem.

A iniciativa da implantação de tais soluções traz a necessidade de um programa de comunicação social, pois, muitas vezes, as populações afetadas ou próximas às áreas de implantação de bacias de detenção, por exemplo, em princípio veem com desconfiança estes projetos, que normalmente requerem manutenção mais apurada.

Para os locais que se encontram em expansão urbana, como o caso analisado neste estudo, as soluções alternativas fornecem um amplo cenário das possíveis intervenções a ser realizada, já na fase inicial de implantação de novos loteamentos, condomínios, ou áreas comerciais e industriais, visando reduzir os impactos nos sistemas de drenagem à jusante. Uma melhor consideração e análise dos órgãos responsáveis, visando regulamentá-las em caráter compulsório, para a aprovação dos projetos de urbanização, seriam convenientes e tempestivas.

O conceito de coleta e armazenamento para detenção das águas pluviais e, portanto, retardamento do escoamento superficial, nas bacias hidrográficas urbanizadas, é recente, pois foi incorporado, definitivamente, no planejamento dos sistemas de drenagem urbana, na metade da Década de 1980, se contrapondo ao conceito da máxima eficiência no escoamento, ou seja, escoamento superficial rápido das águas pluviais para jusante.

Para o controle das enchentes nas bacias hidrográficas intensamente urbanizadas, KUNDZEWICZ e TAKEUCHI (1999), enfatizam entre outras diretrizes “as instalações que promovam o retardamento do escoamento pluvial, tais como lagos de detenção distrital, armazenamento nas casas e nas outras edificações”.

O ganho que se pode esperar ao adotarmos a implantação de um sistema não convencional de drenagem visando o retardamento das águas em detrimento da canalização com escoamento rápido pode se refletir não só minimizando as enchentes, mas na possibilidade de se criar novos espaços verdes com uso de lazer, promovendo o bem estar social, interação, convivência e minimizando os impactos urbanos, além dos custos de implantação, principalmente em áreas ainda em desenvolvimento onde existam espaços que possibilitem o armazenamento em lagos e lagoas, como na área em estudo.

As soluções em drenagem não convencionais citadas neste capítulo, em conjunto com outras ações no ambiente urbano, como calçadas permeáveis, jardineiras, caixas de retardo e reuso nas edificações, telhados verdes, entre outros, podem e devem auxiliar a retardar o escoamento das águas pluviais evitando sobrecarregar o sistema.

O principal ponto que deve ser analisado é a possibilidade desta área, ainda em fase de ocupação e antes que densamente ocupada, possa fornecer as condições propícias para adotar sistemas não convencionais, já que existem

espaços vazios permitindo o armazenamento de águas, minimizando impactos ambientais e custos de implantação.

Neste capítulo analisarei o conceito de Infraestrutura Verde, solução não-convencional que pode minimizar os prováveis impactos que a urbanização intensa poderá promover na região das Vargens através do retardamento do escoamento superficial.

Infraestrutura Verde

Como forma de solução integrada a fim de minimizar os impactos da urbanização, sem os efeitos de uma solução tradicional de canalização, seria necessário buscar soluções que mimetizem os processos naturais.

Na última década, a infraestrutura verde tem se firmado como um novo paradigma para planejar e adaptar as cidades para que se tornem sustentáveis no longo prazo. A infraestrutura verde tem sido pesquisada e implantada em regiões, cidades e localidades em inúmeros países. Visa a mitigar, amenizar e adaptar cidades, com resultados positivos que já podem ser medidos. Essa infraestrutura verde se constitui numa rede interconectada de espaços abertos vegetados (de preferência arborizados) que restabelece a estrutura da paisagem. Áreas como parques e praças são interligados por ruas verdes e rios e canais renaturalizados. A ideia é que a cidade funcione como uma esponja verde, que seja o mais permeável possível.

Um dos benefícios que tem relação direta é o aumento da infiltração das águas no local, o que diminui o escoamento superficial que vai sobrecarregar o sistema de águas pluviais, outra vantagem seria filtrar as impurezas e poluição depositadas sobre telhados, pisos e ruas que são carregadas nos primeiros de dez minutos de chuvas.

Esta solução integrada funcionaria com a implementação de lagoas de retenção pontuais, como pequenas lagoas, que minimizariam seu impacto no entorno e seriam interligadas pelos atuais rios, após a intervenção pública livrando suas faixas marginais e delimitando-as à Parque Lineares com uso de lazer e contemplação.

Para o planejamento de controle das enchentes da bacia hidrográfica, quando a mesma está no estágio inicial de urbanização, como o caso de Vargem Grande, pode-se utilizar o esquema indicado na figura 5 abaixo:

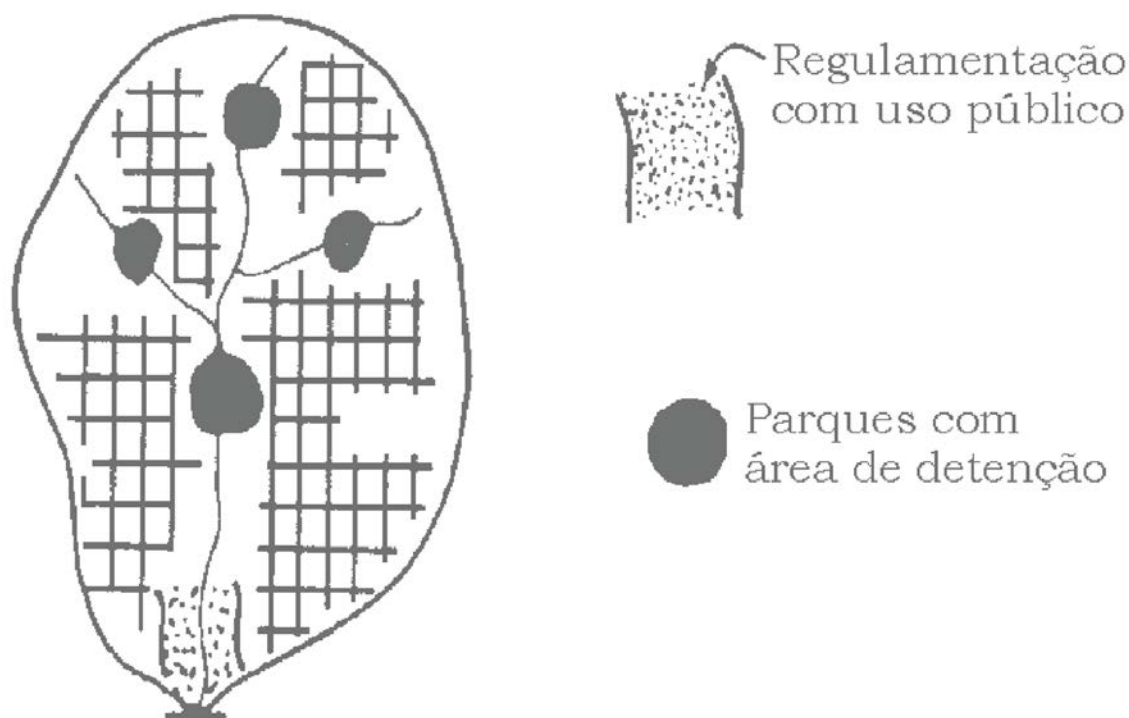


Figura 5: Planejamento e controle da bacia hidrográfica no primeiro estágio de urbanização
Fonte: TUCCI e GENZ (1995)

Da figura acima, o planejamento do controle das enchentes urbanas em estado inicial de urbanização, segundo TUCCI e GENZ (1995), deve-se:

- 1- Regular o uso e ocupação do solo, pelo poder público, das áreas naturalmente inundáveis, as quais servirão como bacias de detenção urbanas e parques lineares;
- 2- Regular a micro drenagem para não ampliar a enchente natural, tratando cada distrito ou sub-bacia, de acordo com sua capacidade e transferência do impacto a jusante. Em cada sub-bacia é definido o risco de enchente, que cada empreendedor deve manter nas condições naturais;
- 3- Utilizar parques e as áreas inundáveis para amortecer e preservar os hidrogramas entre diferentes sub-bacias;

- 4- Prever subsídios de impostos e taxas para as áreas inundáveis e, a permuta de solo criado por compra dessas áreas;
- 5- Nenhuma área desapropriada pelo poder público pode ficar sem implantação de infraestrutura pública, parque ou área de lazer e recreação, caso contrário, sofrerá invasão;

A área urbana deve ser planejada de forma integrada e coerente com todos os melhoramentos públicos, incluídos no plano geral de desenvolvimento (redes de água, pavimentação de ruas, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos, drenagem urbana, etc.);

Outras ações devem ser consideradas pelo poder público a fim de incentivar e até obrigar os empreendedores e moradores da região de forma a integrar a área urbana com o ecossistema local, como a exigência de se criar reservatórios de retenção e reuso de águas pluviais nos novos empreendimentos (já existente no Rio de Janeiro), telhados verdes, arborização das calçadas, drenos subterrâneos servindo como captação de águas para irrigação, paredes e muros verdes, pisos permeáveis, entre outras medidas imprescindíveis para mitigar os impactos prováveis com o aumento da densidade desta área e os futuros problemas climáticos do planeta como um todo como exemplificado na figura 6.

Para a implantação de um sistema integrado de infraestrutura verde, existe a necessidade de se regulamentar o uso, gerando desapropriações de áreas e definindo áreas de preservação.

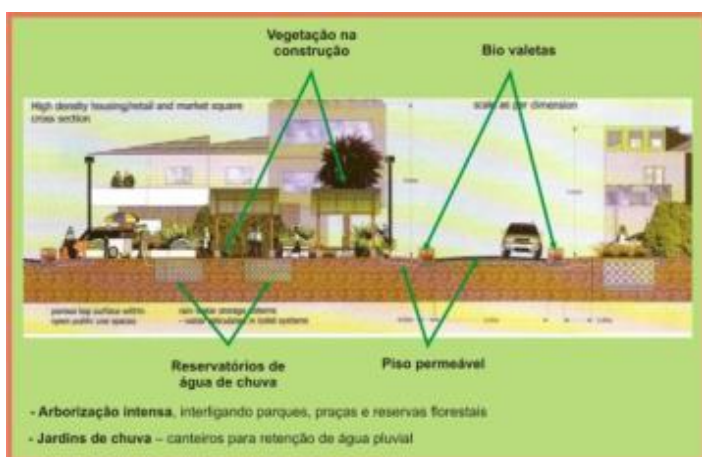


Figura 6: Implantação de sistemas de infraestrutura verde em áreas urbanizadas.

Fonte: <http://amdro2003.blogspot.com.br/>

Como visto acima, o conceito de infraestrutura verde engloba algumas soluções integradas que minimizam o impacto das chuvas no ambiente urbano.

Com o crescimento desordenado desta área, aliados a falta de política habitacional e transportes públicos eficientes entre outros, as faixas marginais dos principais canais que deságuam no Canal da Sernambetiba, como o Rio Morto, Rio Paineiras, Rio Bonito foram ocupados irregularmente por populações carentes. Devido à impossibilidade dos órgãos competentes em manter a fiscalização e impedir as ocupações irregulares, as faixas marginais devem ser controladas através da ocupação formal, revitalizando as áreas ribeirinhas, preservando o curso natural dos rios e mantendo-se uma faixa “inundável” com a ocupação destas áreas com o uso público com o foco no lazer e em atividades esportivas visando a sociabilidade e a valorização da paisagem.

Esta solução, chamada de Parque Linear, integrada com as demais intervenções contribui para a melhoria do ambiente urbano.

Na Legislação Ambiental Brasileira, os fundos de vales e o entorno dos cursos d’água são analisados como Áreas de Proteção Permanentes (APPs) e pela regulamentação não devem ser locais de edificações. Entretanto, pela imponente urbanização e pela falta de controle, a realidade tem sido outra: as margens dos rios são diversas vezes o que sobrou nas cidades para a população sem recursos como área de ocupação. Dessa forma, lixo e esgoto são despejados nas águas, tornando-as insalubres e repletas de riscos para a saúde.

A implantação de parques lineares pode ser uma forma de impedir a ocupação destes cursos d’água que cortam as áreas urbanas. O conceito desses parques está diretamente relacionado com a sua forma, como o próprio nome mostra, os parques seguem uma "linha" ao longo das margens da cidade, como os rios e córregos, são áreas verdes no meio das áreas urbanas que acompanham os cursos d’água. Alguns de seus objetivos são proteger ou recuperar ecossistemas, impedir enchentes, reconectar áreas verdes, melhorar a qualidade de vida das populações que vivem ao entorno dos rios, impedir a poluição dos afluentes e, principalmente, restaurar sua importância ambiental e tornar um cenário de boa convivência da natureza e das cidades envolvidas.

Conforme GALENDER (2005), o conceito de parque linear é contrário ao de parque isolado, de desenho geométrico regular e limites finitos. Através de planos urbanísticos, busca promover o desenho da paisagem através do estabelecimento de uma continuidade espacial, relacionando os espaços construídos e os espaços abertos, ou seja, vinculando-se com a paisagem urbana.

Em GARABINI (2004), o parque linear agregado a áreas de fundo de vale apresenta-se como o espaço aberto, livre e de pouca manutenção, onde os subespaços recreativos são de outra natureza, nos quais os playgrounds e jogos lúdicos são preteridos pela preservação ambiental, pelo culto do corpo, pela prática de longas caminhadas e pelo lazer contemplativo.

Segundo GIORDANO (2004), os parques lineares são áreas lineares destinadas tanto à conservação quanto a preservação dos recursos naturais, tendo como principal característica a capacidade de interligar fragmentos florestais e outros elementos encontrados em uma paisagem, assim como os corredores ecológicos. Porém, neste tipo de parque têm-se a agregação de funções de uso humano, expressas principalmente por atividades de lazer e como rotas de locomoção humana não motorizada, compondo desta forma princípios de desenvolvimento sustentável.

Segundo AHERN (1995), o termo parque linear é utilizado para áreas de configuração linear que são planejadas, desenvolvidas e manejadas com múltiplos propósitos, tais como: ecológicos, recreacionais, culturais, estéticos e outros condizentes com o uso sustentável do solo. O autor esclarece que estes parques podem ser definidos a partir de cinco princípios:

- 1- “Configuração espacial essencialmente linear, o que o diferencia de outros elementos da paisagem;
- 2- Capacidade de união de elementos da paisagem, atuando de forma sinérgica num sistema;
- 3- Multifuncionalidade, associando usos espaciais e funcionais de forma compatível e necessidades ecológicas, culturais, sociais e estéticas;
- 4- Sustentabilidade;
- 5- Estratégia espacial, que integra sistemas lineares com outras áreas não lineares, cuja composição não é beneficiada pela diversidade de usos.”

Conforme LITTLE (1990), os parques lineares podem ser classificados em quatro categorias gerais:

- 1- “Parques lineares criados a como parte de programas de recuperação ambiental, geralmente ao longo de rios e lagos;
- 2- Parques lineares criados como espaços recreacionais, geralmente ao longo de corredores naturais de longas distâncias, tais como canais, trilhas ou estradas abandonadas;
- 3- Parques lineares criados como rotas cênicas ou históricas, ao longo de estradas, rodovias, rios e lagos;

- 4- Rede de parques, baseada em formas naturais como vales ou pela união de parques lineares com outros espaços abertos, criando infraestruturas verdes alternativas.”

Buscando como referência a cidade de São Paulo, de acordo com o artigo 107 do Plano Diretor Estratégico (PDE - lei nº 13430/02), os principais objetivos a serem alcançados com a implantação de Parques Lineares são:

- 1- “Ampliar progressiva e continuamente as áreas verdes permeáveis ao longo dos fundos de vales, de modo a diminuir os fatores causadores de enchentes e os danos delas decorrentes, aumentando a penetração no solo das águas pluviais e instalando dispositivos para sua retenção, quando necessário;
- 2- Ampliar os espaços de lazer ativo e contemplativo, de modo a atrair, para a vizinhança imediata, empreendimentos residenciais;
- 3- Garantir a construção de habitações de interesse social para reassentamento, na mesma sub-bacia, da população que eventualmente for removida;
- 4- Integrar as áreas de vegetação significativa de interesse paisagístico, protegidas ou não, de modo a garantir e fortalecer sua condição de proteção e preservação;
- 5- Ampliar e articular os espaços de uso público, em particular os arborizados e destinados à circulação e bem-estar dos pedestres;
- 6- Recuperar áreas degradadas, qualificando-as para usos adequados ao projeto de urbanização;
- 7- Melhorar o sistema viário de nível local, dando-lhe maior continuidade e proporcionando maior fluidez da circulação entre bairros contíguos;
- 8- Integrar as unidades de prestação de serviços em geral e equipamentos esportivos e sociais aos Parques Lineares;
- 9- Construir, ao longo dos Parques Lineares, via de circulação de pedestres e ciclovias;
- 10- Mobilizar a população envolvida em cada projeto de modo a obter sua participação e identificar suas necessidades e anseios quanto às características físicas e estéticas do seu bairro de moradia;
- 11- Motivar programas educacionais visando aos devidos cuidados com o lixo domiciliar, à limpeza dos espaços públicos, ao permanente saneamento dos cursos d’água e à fiscalização desses espaços;
- 12- Criar condições para que os investidores e proprietários de imóveis beneficiados com o Programa de Recuperação Ambiental forneçam os recursos necessários à sua implantação e manutenção, sem ônus para a municipalidade;
- 13- Aprimorar o desenho urbano, mobilizando equipes técnicas diferenciadas, de modo a valorizar e conferir características ímpares aos bairros e setores urbanos envolvidos;
- 14- Promover ações de saneamento ambiental dos cursos d’ água;
- 15- Implantar sistemas de retenção de águas pluviais;
- 16- Buscar formas para impedir que as galerias de águas pluviais sejam utilizadas para ligações de esgoto clandestino.”

Sobre a questão da propriedade fundiária, temos nesta área propriedades que são públicas, o que é mais interessante, viável e mesmo desejável que se torne uma área de uso público. Outras que são de propriedade privada e devem ser avaliadas se serão mantidas como tal, considerando as limitações para a aquisição da área. Existem alternativas interessantes, como, por exemplo, propriedade privada com uso coletivo, ou uso público. Pode também ser mantida privada, mas ter parâmetros que garantam a recuperação dos canais, podendo até fazer parte do conjunto que compõe o Parque Linear, embora neste caso haja uma limitação para garantir esta integração ao longo do tempo. De qualquer maneira, devem ser identificadas as áreas de propriedade privada prioritárias para serem adquiridas pelo município, a curto, médio e longo prazo.

Alguns exemplos de projetos e estudos, executados ou não encontram-se nas figuras 7, 8, 9, 10 e 11.



Figura 7: Croqui Esquemático – Situação Ilustrativa da diversidade e irregularidade de ocupação da planície aluvial, com área propícia à implantação de Parque Linear.



Figura 8: Croqui Esquemático – Parque Linear do Rio Dilúvio – Porto Alegre.
Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/11.123/3803?page=3>



Figura 9: Croqui Esquemático – Parque Linear – concurso – Curitiba
Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/09.107/2990?page=5>



Figura 10: Parque Linear – Kioto – Foto: Cecília Herzorg
Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/11.130/3900>



Figura 11: Parque Linear Barigui – Curitiba
Fonte: <http://www.odiaroverde.com.br/2011/06/curitiba-tera-parque-linear-as-margens-do-rio-barigui/>

Outra forma de não sobrecarregar o canal de Sernambetiba e não aumentar o volume e a velocidade da água por ele escoada é manter a atual situação, com lagoas servindo como retardo da drenagem, retendo a precipitação e a liberando lentamente a jusante evitando ou mitigando enchentes.

As lagoas de retenção são reservatórios para onde são conduzidas as águas pluviais recolhidas numa determinada zona, com o objetivo de um breve armazenamento provocado por uma descarga controlada, designadamente no seguimento de precipitações intensas. Podem ser subterrâneas ou superficiais, bem como conter água permanentemente, ou apenas a seguir às chuvas (bacias secas). Podem ser materializadas de diversas formas, como tanques ou lagos em jardins, parques, praças, empreendimentos imobiliários, industriais, etc.

Esses “reservatórios” são equipados com um sistema de descarga que não é capaz de dar vazão total aos canais afluentes, pelo que a água se vai acumulando e subindo de nível, o que, por sua vez, aumenta o canal descarregado. Ao fim de algum tempo a cheia natural vai-se desvanecendo, e o descarregador passa a evacuar um caudal superior ao que entra. Nessa altura o nível na bacia começa a baixar, até que atinge uma situação de equilíbrio.

A vantagem fundamental consiste em permitir descarregar em canais muito inferiores aos que entram em regime de ponta, reduzindo os riscos de inundações. Os custos são reduzidos, podendo mesmo ser compensados pela poupança decorrente da redução de diâmetros na canalização de jusante.

A situação atual é típica para sua aplicação, onde a rede de drenagem se encontra sub-dimensionada para uma ocupação futura com significativo aumento de densidade e ocupação.

Alguns aspectos positivos proporcionados pelas lagoas de retenção são:

- 1- Evitar obras de remodelação ou de reforço;
- 2- Contribuição para o melhoramento da qualidade das águas pluviais;
- 3- Permitir a criação de espelhos de água com interesse estético, recreativo ou de lazer;
- 4- Constituição de reservas de água para rega e combate a incêndios.

A lagoa de retenção tem como principal objetivo reduzir o escoamento nos coletores. Este sistema é considerado como sendo a melhor prática de gestão

quando se tem em conta os aspectos do custo, desempenho e manutenção (Debo e Reese, 1995).

CAMPANA e TUCCI (1994) definem reservatório ou bacia de detenção como sendo um dispositivo usado para armazenar, por determinado período de tempo, a vazão de águas pluviais. Com o aumento da impermeabilização da bacia hidrográfica acontece o aumento da vazão máxima. Para que não ocorra a transferência da enchente urbana para jusante, utiliza-se o reservatório ou a bacia de detenção, que promova o amortecimento do volume gerado. O objetivo é minimizar o impacto hidrológico da redução da capacidade de armazenamento natural da bacia hidrográfica.

As vantagens da utilização dos reservatórios ou bacias de detenção são as seguintes:

- 1- Custo reduzido comparado ao conjunto de controles distribuídos;
- 2- Menor custo de operação e manutenção;
- 3- Facilidades de administrar a construção.

As desvantagens são as seguintes:

- 1- Custo de aquisição da área de implantação;
- 2- Dificuldades de achar locais adequados;
- 3- Reservatórios com grande capacidade de armazenamento tem oposição de uma parcela da população.

Os reservatórios de armazenamento podem ser dimensionados de dois modos diferenciados:

- 1- Reservatório de detenção: É o reservatório que retém água durante uma chuva intensa e, depois de um período de tempo, fica seco, conforme figura 12:

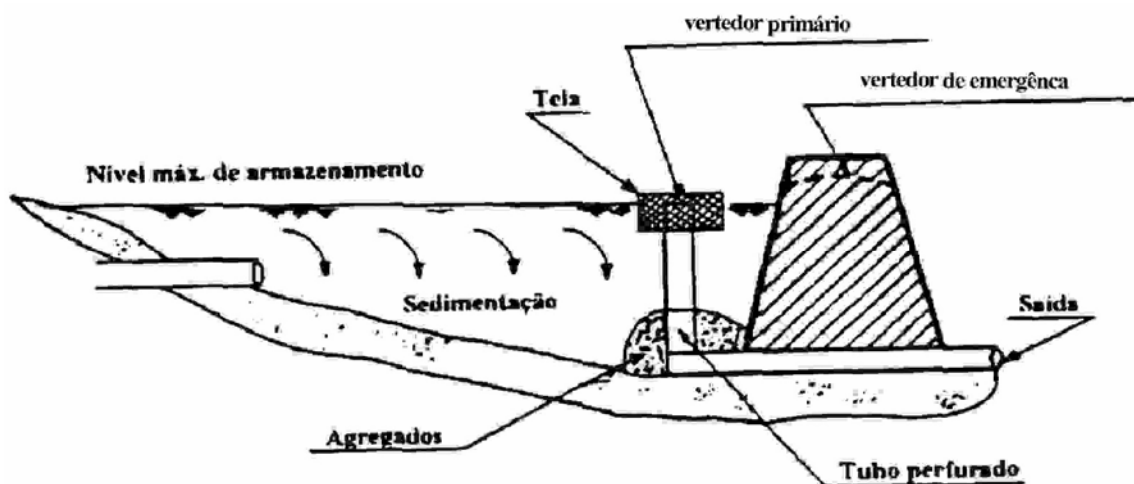


Figura 12: Reservatório ou bacia de detenção em sistemas de drenagem das águas pluviais.

Fonte: CAMPANA e TUCCI (1994)

2- Reservatório de retenção: É o reservatório que mantém uma lâmina permanente de água, conforme figura 13:

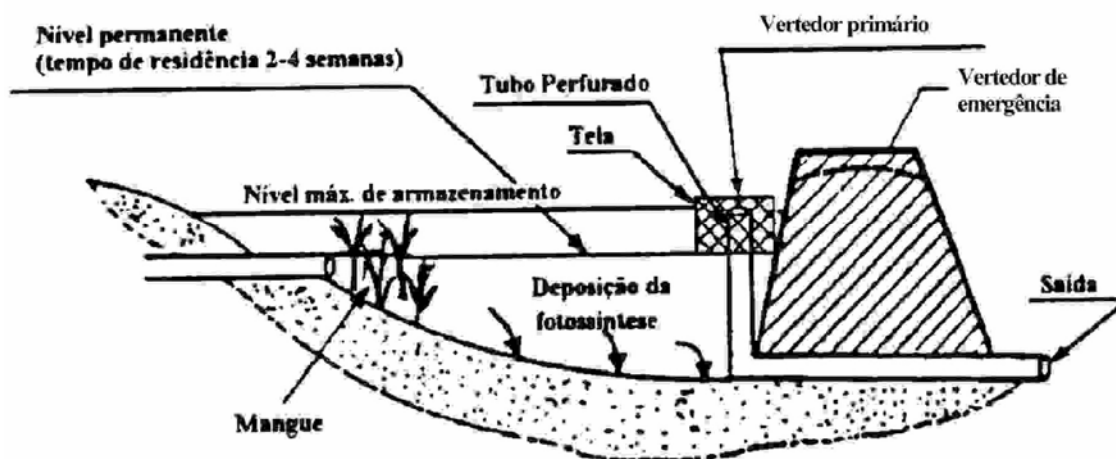


Figura 13: Reservatório ou bacia de retenção em sistemas de drenagem das águas pluviais

Fonte: CAMPANA e TUCCI (1994)

Os reservatórios ou bacias de retenção, figura acima, apresentam as seguintes vantagens:

- 1- Não haverá crescimento de vegetação indesejável no fundo;
- 2- O reservatório permite melhor controle da qualidade da água;
- 3- O uso em conjunto com um parque municipal forma um bom local de recreação e lazer.

Com a área em estudo – que será delimitada mais precisamente no próximo capítulo (capítulo 3) – em constante desenvolvimento e a possibilidade

de ocupação mais intensa com a ampliação dos parâmetros urbanísticos, mas sendo uma área ainda carente de infraestrutura e com grandes áreas livres, a solução convencional, já parcialmente adotada na região com a retificação do Canal de Sernambetiba fazendo o escoamento rápido, não tem se mostrado eficiente como as constantes enchentes da região demonstram, como forma alternativa, as soluções não-convencionais podem se apresentar como opções viáveis para esta área, que será aprofundada no capítulo seguinte.

A infraestrutura verde com suas soluções integradas, ou mesmo implantadas de forma pontual, deve ser uma solução interessante a ser estudada.

3

A BACIA HIDROGRÁFICA EM ESTUDO E O PEU DAS VARGENS

3.1

Localização

A área delimitada pelo maciço da Pedra Branca ao Norte e Oeste, à Leste pelo Canal da Sernambetiba e pelo oceano ao Sul que será analisada neste trabalho está demarcada nas figuras 14, 15, 16 e 17:

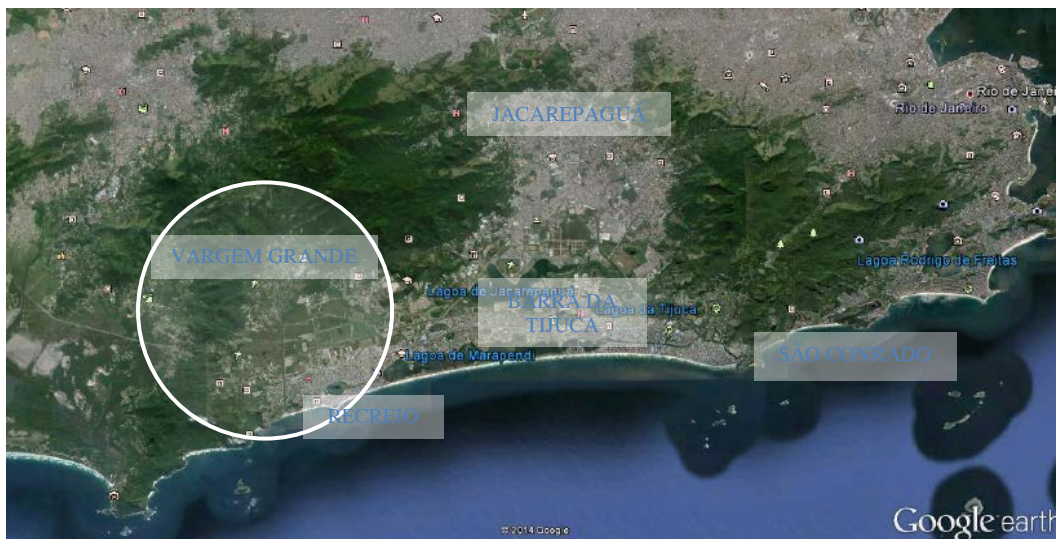


Figura 14: Localização da área em estudo na Barra da Tijuca.
Foto: Google Earth



Figura 15: Localização da área em estudo no maciço da Pedra Branca.
Foto: Google Earth



Figura 16: Localização da área em estudo no maciço da Pedra Branca.
Foto: Google Earth



Figura 17: Localização da área em estudo no maciço da Pedra Branca.
Foto: Google Earth

Pode-se verificar nas figuras acima que se trata de uma área ainda pouco ocupada e com uma enorme influência da encosta do maciço da Pedra Branca que deságua suas águas no Canal de Sernambetiba tendo a área em estudo como passagem e no caso específico, devido à baixa altitude, também como acumulação.

3.2

História das Vargens

Processo de Formação do Solo

Para entender melhor a morfologia do solo desta região, vamos voltar à milhares de anos atrás a região da Barra da Tijuca, na época que muito se assemelhava ao que hoje é a Restinga da Marambaia – Figura 18.

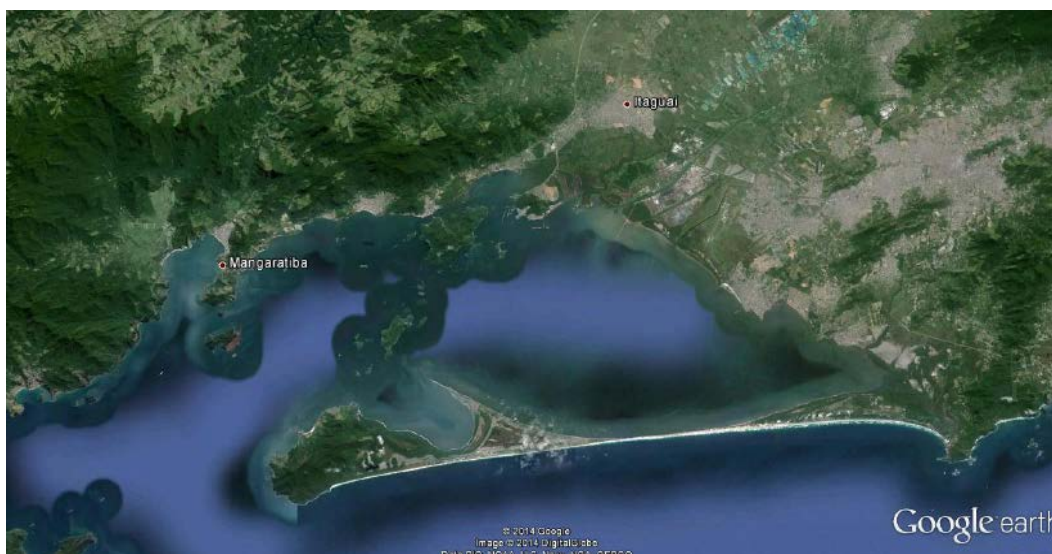


Figura 18: Vista aérea da Restinga da Marambaia e do maciço da Pedra Branca à direita.

Foto: Google Earth

Era uma imensa baía limitada pelos maciços da Pedra Branca e da Tijuca.

Ao longo do tempo, a partir do acúmulo constante de areia numa faixa contínua deu início a formação do que conhecemos hoje por orla da Barra (Av. Sernambetiba).

Durante muito tempo esta faixa de areia foi se estendendo até formar uma grande Lagoa represada entre o banco de areia e os maciços.

Após a formalização da Lagoa a mesma passou a sofrer um processo lento e gradual de assoreamento a partir dos resíduos trazidos pelas chuvas, provenientes dos maciços, formando em grande parte solos orgânicos com argila, pedras e ainda parte com areia, constituindo o que é hoje a Barra da Tijuca, conforme representado na figura 19.



Figura 19: Vista aérea da Região da Barra da Tijuca e adjacências com o maciço da Pedra Branca à esquerda e o maciço da Tijuca à direita.
Foto: Google Earth

Durante este longo processo de formação do solo, foi surgindo uma grande diversidade de ecossistemas ao longo desta nova área, restingas, manguezais, brejos, areais e a própria floresta existente no maciço. A grande quantidade de rios, canais, lagos e lagoas limitaram a ocupação da área e a composição do solo - principalmente próximo às lagoas - argiloso, impermeável e constantemente alagado dificultando a ocupação que se deu de forma lenta e gradativa.

Grandes fazendas com cultura de cana de açúcar e posteriormente de café ocuparam esta área de baixada durante séculos.

Este assoreamento natural ao longo do tempo somado ao início da urbanização – principalmente após a década de 90, como veremos a seguir - que se utilizou (e ainda utiliza) do aterro como forma de estabilização do solo, proveniente de saibreiras próximas, impermeabilizaram um solo numa região de baixa altitude, criando um ambiente propício ao acúmulo de águas, dificultado a permeabilidade e o escoamento gerando enchentes recorrentes.

Antes da Ocupação

Desde o início da formação da Cidade, a Região Barra da Tijuca sempre esteve ligada à história do Rio de Janeiro, apesar de ser a mais nova das regiões, em termos de desenvolvimento e ocupação.

A ideia de criar no Rio de Janeiro uma colônia francesa, apoiada por Henrique II, rei da França (1547-1559), foi de Nicolas Durand de Villegaignon,

que desembarcou aqui em novembro de 1555. Os franceses foram senhores do Rio de Janeiro durante quatro anos e três meses. Em 1560, por ordem real, Mem de Sá combateu-os com uma esquadra enviada da metrópole, desalojando os invasores e arrasando suas fortificações, acreditando ter restabelecido o domínio português.

Após a expulsão dos invasores, Mem de Sá nomeou seu sobrinho, Salvador Correia de Sá, capitão e governador (1567-1572) da Cidade, recebendo o mesmo, como benefício da guerra, as terras que hoje constituem o Município.

Em 1594, quase no final do último período de seu governo (1578-1598), Salvador Correia de Sá passou o amplo território que hoje corresponde a Jacarepaguá e a Barra da Tijuca a seus dois filhos, Gonçalo e Martim Correia de Sá, que concordaram em dividir a área. Gonçalo ficou com as terras que hoje correspondem aos atuais bairros da Freguesia, Taquara, Camorim até Campinho, e a maior parte da Barra da Tijuca.

A área de Martim Correia de Sá, mais tarde governador por três vezes da capitania do Rio de Janeiro (1602-1608, 1618-1620 e 1623-1630), ia desde Camorim, atravessava Vargem Pequena e Vargem Grande e chegava ao Recreio dos Bandeirantes, alcançando a extensa faixa litorânea.

As duas partes tiveram uma evolução desigual. Nas terras da planície de Jacarepaguá, foram instalados engenhos e fazendas, em função do terreno plano e dos mananciais de água, o que proporcionou um desenvolvimento econômico baseado em atividades rurais. A área praiana, por outro lado, não teve desenvolvimento regular e crescente, justamente por não ser adequada nem para o plantio nem para a criação de gado. Localizados entre lagoas e alagados, os areais eram mais propícios a atividades de pesca e lazer.

Em 1625, a filha de Gonçalo Correia de Sá, Dona Vitória de Sá e Benevides, recebeu como herança as terras do pai, dadas mais tarde como dote, em 1628, a seu esposo, o fidalgo espanhol e governador-geral do Paraguai, D. Luis Cespede Xeria. Em 1667, as propriedades de Dona Vitória, correspondentes à maior parte da Barra da Tijuca, foram legadas, por testamento, ao Mosteiro de São Bento.

O filho de Martim Correia de Sá, General Salvador Correia de Sá e Benevides, primo de Dona Vitória, além da área herdada do pai, comprou todas as terras que pertenciam aos foreiros e ao marido da prima, que incluíam o atual

bairro de Jacarepaguá, ficando dono quase absoluto da região, com exceção da enorme área doada por D. Vitória aos beneditinos, a atual Barra da Tijuca.

Os religiosos fundaram três engenhos, o primeiro em Camorim, depois em Vargem Grande e Vargem Pequena. Os três ocupavam quase a metade da região. A comunicação com a Cidade era feita por uma estrada aberta por eles, que atravessava o maciço da Tijuca.

Durante mais de dois séculos, a Ordem dos Beneditinos explorou ou arrendou as terras herdadas. Com o passar do tempo, a produtividade dos engenhos declinou. Plantações de café substituíram a cana-de-açúcar, mas com as crises do café, as grandes fazendas foram divididas em pequenos sítios. Em consequência da perseguição às ordens religiosas, ocorridas no Segundo Império, e com o fim da escravidão no final do século XIX, os beneditinos ficaram quase arruinados. Em 1891, todas as terras remanescentes foram vendidas à Cia Engenho Central de Jacarepaguá, repassadas ao Banco de Crédito Móvel em pagamento de dívidas.

Em 1900, as terras foram vendidas à Empresa Saneadora Territorial e Agrícola S.A., ainda hoje grande proprietária de terrenos na área, assim como a Carvalho Hosken e o Pasquale Mauro Neto.

A pavimentação da estrada de Guaratiba (Bandeirantes) somada à ampla sinuoso da Grotta Funda facilitou o acesso à região. Obras de saneamento foram realizadas nos extensos alagadiços dos Campos de Sernambetiba, destacando-se a abertura do Canal de Sernambetiba, que captou as águas dos Rios Paineiras, Morto, Portão, Cascalho, Bonito, etc.

A partir da década de 1990, a paisagem agrícola de Vargem Grande foi alterada por um surto de urbanização. A partir do núcleo urbano inicial surgiram novos loteamentos e condomínios e comunidades de baixa renda como a Vila Cascatinha, somando-se às comunidades do Rio Morto e da Beira do Canal.

A imagem de um bairro rural, ligado à natureza, com a esplêndida paisagem florestal do maciço da Pedra Branca ao fundo, terminou por transformar a região em um polo de ecoturismo, onde passeios de cavalo, aluguel de sítios, criação de plantas ornamentais e trilhas rústicas somam-se a outros dois fatores de atração: o Polo Gastronômico – com restaurantes rústicos e o Rio Water Planet – maior parque aquático da América do Sul.

Grande parte do bairro de Vargem Grande é abrangido pelo Parque Estadual da Pedra Branca que, com seus 12.500 hectares, é considerado a maior floresta urbana do mundo. Destaca-se o Pico da Pedra Branca (1025 metros) - ponto culminante do Município - a Serra do Rio da Prata (divisa com Campo Grande), os Morros do Cabungui, dos Caboclos, Toca Grande, Toca Pequena, Pico do Morgado, etc., com altitudes entre 500 e 1000 metros. Desde seus primórdios, manifestou-se a vocação local de ter poucos proprietários, como os Sá, os Telles de Menezes, os beneditinos, Empresa Saneadora, Carvalho Hosken e Pasquale Mauro Neto. A concentração de grandes extensões de terras em mãos de poucos foi um dos motivos do lento crescimento da Região. O modelo de ocupação até o século XX privilegiou as áreas planas, que mesmo parcialmente alagadas se mostraram propícias à agricultura.

A partir do século XX, a região de Jacarepaguá se torna a expansão natural da cidade proveniente da Zona Norte por se situar numa área plana, já que o maciço da Tijuca com grandes declividades e altitudes de até 1.000m, dificultava o acesso via Tijuca, Zona Sul e Centro. Iniciou-se então o processo de urbanização da baixada de Jacarepaguá.

Já no final do século XX com a valorização cada vez maior dos terrenos à beira-mar, com a escassez de terrenos e a limitação física para a ocupação da Zona Sul, a Barra oferecendo terrenos litorâneos com solos arenosos, compactos e uma faixa de praia que parecia não ter fim, passa a ser cada vez mais desejada por todos os segmentos e classes sociais, com oportunidades de emprego, de investimentos e de moradia.

Atualmente, já com a intensa ocupação da Barra e Recreio, Vargem Grande passa a ser a extensão natural deste desenvolvimento da Zona Oeste do Rio de Janeiro, uma área historicamente frágil, ainda com baixa densidade deve ter a atenção dos órgãos competentes no que tange a provisão de infraestrutura para esta área.

Plano Lucio Costa

“Na memória descritiva do plano-piloto que deu origem à ocupação da baixada de Jacarepaguá, digo o seguinte: “O que atrai na região é o ar lavado e agreste, o tamanho – as praias e dunas parecem não ter fim – e aquela sensação inusitada de se estar num mundo intocado, primevo. Assim, o primeiro impulso, instintivo, há de ser sempre o de impedir que se faça lá seja o que for.” Em seguida, acrescento: “Mas, por outro lado, parece evidente que um espaço de tais proporções e tão acessível não poderia continuar indefinidamente imune, teria mesmo de ser, mais cedo ou mais tarde, urbanizado. A sua intensa ocupação é, já agora, irreversível.”

Lucio Costa.

“A primeira dificuldade que se apresenta, portanto, ao urbanista, é esta contradição fundamental. A ocupação da área nos moldes usuais, com bairros que constituíssem no seu conjunto praticamente uma nova cidade, implicaria na destruição sem remédio de tudo aquilo que a caracteriza. O problema consiste então em encontrar a fórmula que permita conciliar a urbanização na escala que se impõe, com a salvaguarda, embora parcial, dessas peculiaridades que importa preservar.

O planejamento anteriormente aprovado para a região previa arruamentos paralelos em toda a extensão da baixada, com exclusão de ampla faixa ocupada correspondente à área ocupada pelas lagoas geminadas de Jacarepaguá, ou Camorim, e Tijuca, preservada como parque. Portanto, a tendência natural seria edificar ao longo de todas essas vias a começar pela própria BR-101 (via nº 3 – atual Av. das Américas). Impõe-se, pois, como primeiro passo, revogar em parte esse Plano de Diretrizes de Vias Arteriais em favor da adoção do partido urbanístico de se criarem, além daquele futuro grande centro metropolitano NS-LO, dois outros centros urbanos principais, um na Barra, além do Jardim Oceânico, outro em Sernambetiba, contíguo ao Recreio, e numerosos núcleos urbanizados ao longo da BR-101, afastados cerca de 1km entre si.

Quanto às áreas situadas ao norte do futuro Centro Metropolitano, acima do caminho chamado da Caieira e contíguas a Jacarepaguá – que deverá ser mantida com sua personalidade própria – áreas compreendidas entre a Colônia Juliano Moreira e as estradas do Capão e do Engenho d’Água, poderão ser consideradas zona industrial, não só porque acessíveis aos subúrbios e à trama rodoviária do bojo de estado, como porque já comportam sólido lastro proletário. Ao passo que as vargens Grande e Pequena e os belos campos de Sernambetiba devem ser incentivados como áreas de cultura, com sítios, granjas e chácaras.”

3.3

PEU das Vargens

2004 – Apresentação PLC 72/2004 – Votação e Emendas

2006 – Veto Total pelo César Maia

2009 – Nova Apresentação e Aprovação LC 104/09

Até o ano de 2004, o decreto vigente para as áreas das Vargens era o Decreto 3.046 de 27 de Abril de 1981.

A proposta original para o PEU das vargens foi elaborada na Coordenação de Planos Locais da SMU entre os anos 2001 e 2004 com os técnicos da SMU com a participação dos técnicos da SMAC e Habitação entre outros, gerando o PLC 72/2004.

Este PLC foi encaminhado pelo Prefeito à Câmara dos Vereadores.

Em 2005 o projeto foi votado pela CMRJ e diversas emendas foram introduzidas para aprovação, sendo reapresentada em 2006 como PLC 79/2006.

Embora tenha sido sugerido por um grupo de vereadores o veto parcial às emendas, garantindo assim a promulgação da Lei, o prefeito César Maia optou pelo veto total do projeto.

Ainda em 2006 a CMRJ derrubou o veto do prefeito, que por sua vez foi à Procuradoria Geral do Município para arguir a constitucionalidade da Lei.

A disputa entre o Executivo e o Legislativo originou dúvidas sobre que legislação deveria ser adotada: se a do PLC nº 79/2006, sub-júdice, ou a do Decreto 3046/81, em vigor. O Prefeito decretou que o procedimento a ser seguido deveria considerar os parâmetros mais restritivos de cada uma das Leis existentes.

Em outubro de 2009, já no mandato do prefeito Eduardo Paes, a Câmara de Vereadores apresentou e aprovou o PLC nº 33-A, fruto de parecer conjunto de algumas de suas Comissões, tratava-se de uma nova versão do PEU Vargens já no seu 5º ano de tramitação no legislativo municipal e após quase uma década de estudos na Prefeitura. O projeto foi reapresentado à CMRJ com algumas reformulações e novas emendas, visando atender também os compromissos firmados com o COI e a FIFA.

“O PEU é fundamental para que a prefeitura possa assumir os compromissos com o Comitê Olímpico Internacional (COI) que levaram à vitória

da cidade”, disse o secretário especial para os Jogos Olímpicos, Ruy Cezar na ocasião.

No dia 03 de Novembro de 2009, a CMRJ aprovou em última discussão a criação do novo PEU das Vargens. A área inclui no projeto as regiões de Vargem Grande, Vargem Pequena, Camorim, Recreio dos Bandeirantes e Jacarepaguá.

No dia 30 de Novembro o prefeito sancionou a Lei Complementar n° 104/09, instituindo o PEU das Vargens.

Análise PEU

No final de 2009, a pedido do Ministério Público, foi feita uma avaliação do PEU das Vargens pelo núcleo NIMA/PUC Rio:

(...) Resta também claro da leitura dos artigos 7° a 9° da mesma Lei, que a autorização legal para que se dê a ocupação da área do PEU VARGENS está condicionada à implementação do plano de macro drenagem e de recuperação e preservações de canais (...)

(...) Este resumo procurará demonstrar que o benefício que pode advir das intervenções infra-estruturais previstas na Lei pode não ser capaz de suprimir os custos ambientais dessas próprias intervenções estruturais e do posterior aumento da densidade de ocupação da área (...) Recentes estudos de monitoramento em cinco estações pluviométricas que formam um arco sul-leste no entorno do referido maciço no período de 1997 a 2008 indicam que há uma tendência ao aumento de chuvas de alta densidade, especialmente na primavera e outono (...) É possível que a elevação da amplitude da pluviosidade no local já tenha relação com a concentração urbana ocorrida na área nos últimos anos. Torna-se importante salientar que o efeito das chuvas não se resume à elevação da instabilidade das encostas, mas, igualmente, ao seu impacto sobre as áreas urbanizadas, especialmente as localizadas em bacias e em cotas altimétricas baixas, como é o caso da Bacia de Jacarepaguá. Nestes casos, o grau de impermeabilização do solo pode determinar uma vazão de pico de cheia de até 6 (seis) vezes mais do que o pico do mesmo local em condições naturais (LEOPOLD, 1965) (...) Acredita-se que algum impacto da urbanização da área do PEU VARGENS tenha sido considerado quando da elaboração do Plano de Macro drenagem de Jacarepaguá no final dos anos 90 (...) À época da elaboração do referido Plano encontravam-se vigentes as disposições do Decreto n. 3.046/81 que já permitiam a ocupação da área. Porém, o Decreto n. 3.046/81 – e também a Lei Complementar n. 79/06 – previa Índices Urbanísticos mais generosos para com as “fragilidades naturais” - estas ainda reconhecidas pelo artigo 6°, da LC 104/09 - o que determinou, ao longo desses 28 anos, densidades populacionais brutas e líquidas em todos os Setores do PEU VARGENS substancialmente inferiores às que decorrerão da ocupação humana permitida pelos índices urbanísticos constantes do Anexo V, da Lei Complementar n. 104/09 (...) parece-nos, inicialmente, que tal plano, por força da data de sua elaboração, não contempla os novos índices urbanísticos previstos pela Lei Complementar n. 104/09, nem mesmo as ameaças de aumento do nível do mar e intensidade de

chuvas extremas, previstas como consequência das alterações climáticas que são esperadas para as próximas décadas.

(...) Conclusões: Diante do fato de que os estudos de densidade populacional, impactos viários, impactos sociais e ambientais, dentre outros, não se encontram disponíveis para a análise da população, aliado ao fato de que diversos dispositivos legais da LC 104/09 atribuem ao Poder Executivo a possibilidade de alteração discricionária das Taxas de Permeabilidade e de Doação de Áreas para Uso Público, torna-se, na área do PEU VARGENS, impossível o exercício da gestão participativa do meio ambiente.

(...) Deve-se incorporar ao planejamento urbano, então, a relação direta entre adensamento populacional, consumo de recursos, consumo da mercadoria que é a moradia e os impactos sobre o meio ambiente (...) sobre parcelamento do solo urbano, é o PEU das Vargens estabelecer parcelamento e edificação em absoluto desacordo com a infra-estrutura da área (...) relação entre o aumento de densidade urbana, provocado por mudanças na legislação urbanística, o que resulta, minimamente, em aumento evidente de necessidade de provisão de infra-estrutura para o saneamento básico (abastecimento de água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana) (...)

A análise feita pelo NIMA, aponta para a necessidade de estudos complementares avaliando o impacto deste adensamento proposto pelo PEU das Vargens na infraestrutura da região assim como no meio ambiente.

Fazendo uma avaliação do potencial máximo possível de ocupação da área em estudo baseado na LC 104/2009 em relação ao cenário anterior – o Decreto 3046/81, observa-se que a área em questão abrangia as subzonas A-22, 23, 24 e 25 do decreto 3046/81 que previa lotes de 1.000 a 10.000 m² para ocupação unifamiliar com taxa de ocupação variando entre 10% e 30% em 2 pavimentos e uso comercial com taxa de ocupação de 30% em 2 pavimentos.

No PEU das vargens, esta área abrange os setores C, E e G que em sua maioria prevê a ocupação com usos uni e multifamiliares de 3 a 4 pavimentos com taxa de ocupação de 60% e permeabilidade de 30% e uso comercial e de serviços também de 3 a 4 pavimentos com taxa de ocupação de 60% e permeabilidade de 30%.

Através desta avaliação e comparação da legislação vigente, antes e depois da aprovação do PEU das Vargens, verifica-se a possibilidade real do aumento na taxa de ocupação do solo e do adensamento vertical permitido, aumentando significativamente a área construída na região, ampliando a densidade populacional e consequentemente gerando maiores impactos de ordem social, ambiental, e econômica.

Este adensamento deverá ser levado em conta como nova premissa para o dimensionamento da infra estrutura da região.

O que tange a questão da drenagem, vale ressaltar que a taxa de ocupação possível pode dobrar, levando a uma maior impermeabilização do solo privado e conseqüentemente das áreas públicas contíguas, com a construção de novas vias e calçadas para atender a esta nova demanda.

Com relação à ocupação propriamente dita, o modelo tradicional prevê o aterro como forma de conquista do solo, neste caso e neste local, o solo antes argiloso e permanentemente alagado, daria lugar a um solo bem compactado e impermeável.

Ainda baseado no modelo tradicional, a impermeabilização do solo desta área direcionaria toda a água superficial para as galerias pluviais, os canais existentes, ainda naturalizados, dariam lugar a canais retificados com escoamento rápido que provocariam um aumento de vazão em relação à situação atual, sobrecarregando ainda mais o canal da Sernambetiba.

3.4

Hidrologia Local

Os maciços da Pedra Branca (1.025m) e da Tijuca (1.021m) formam os divisores do sistema hidrográfico da Baixada, cujos rios deságuam nas lagoas costeiras de Jacarepaguá, Tijuca, Camorim (ligação entre a lagoa de Jacarepaguá e da Tijuca), Marapendi e Lagoinha, estas últimas se ligam ao mar por meio do Canal da Barra da Tijuca ou Joatinga, localizado no extremo leste da planície. Ao sul a Baixada termina com praias no Oceano Atlântico. A orla marítima possui uma extensão de 21 km.

Os rios que drenam a área da Baixada descem dos maciços atingindo, em alguns casos, altitudes superiores a 1.000 m, com mudanças bruscas de declividade ao atingirem a planície. Este fato leva a um intenso processo de erosão das encostas e ao carregamento de material sólido para os cursos d'água, agravado pelo processo de erosão antrópica, devido à intensa urbanização, o que sujeita a área a constantes enchentes, principalmente a região de Jacarepaguá e no entorno das lagoas.

A importância da funcionalidade desses ecossistemas na manutenção do equilíbrio e sustentabilidade ecológicas, em outras palavras, os serviços ambientais que espécies e ecossistemas prestam à população, deve ser avaliado tanto na escala do ecossistema específico, como na escala da paisagem, posto que cada ecossistema interage resultando em uma regulação em ampla escala. No que diz respeito à condição de drenagem, problema frequente em todas as baixadas, o mosaico desempenha um papel fundamental na redistribuição e alocação da água nos períodos de maior aporte das chuvas.

A predominância de grandes declividades, somada aos altos índices de precipitação pluviométrica, torna a área frágil e instável, o que dá importância significativa à floresta que ocupa a encosta sul do maciço da Pedra Branca. O controle da ocupação das encostas e a dragagem e manutenção dos canais são práticas importantes para a preservação das condições de vida da Baixada.

Em assim sendo, o impacto previsto para as áreas úmidas, será de grande magnitude. Considerando que para os setores C, E e G está proposto a categoria de uso ZUM1, 2 e 3, que conforme visto acima, representa uma ocupação densamente maior que antes permitida. Portanto, os brejos remanescentes poderão ser diretamente suprimidos. Além disso, o grau de impermeabilização que será gerado nessas áreas naturalmente alagadas, associado à tipologia do solo correspondente, ou seja, saturado, hidromórfico e com grande profundidade de argilas moles, algumas vezes atingindo profundidades superiores a 20m, afetará áreas adjacentes, levando a extinção de fragmentos de brejos que possam permanecer, uma vez que a drenagem deficiente poderá sobrecarregar a saturação destes remanescentes.

Vale ressaltar que o excesso de água em superfície é uma condição crítica em termos sanitários, já que a Baixada tem registrado os maiores índices de casos de dengue no município.

A comparação entre os parâmetros originais e os propostos para a área e a modificação das taxas de ocupação, gabaritos e IAT definidos, os quais alteram a densidade de ocupação originalmente projetada, demonstram uma forte alteração e provável incoerência entre esses cenários de ocupação e a estrutura urbana existente, o que gera a demanda por estudos comprobatórios, baseando a argumentação no princípio da precaução.

Originalmente, toda a drenagem da bacia dos Campos de Sernambetiba corria para a Lagoa de Jacarepaguá, mas com a abertura do Canal de Sernambetiba no século XX, parte dessa drenagem passou a ir ao mar e uma parcela ainda menor para a Lagoa de Marapendi, via Canal das Taxas, conforme demonstrado na figura 20.

A área local recebe contribuição de vários rios importantes para o ecossistema e a hidrologia de Vargem Grande, entre eles destacam-se o Rio Bonito, o Canal do Cascalho, Rio do Portão, Rio Vargem Grande, Rio Morto e Piabas.

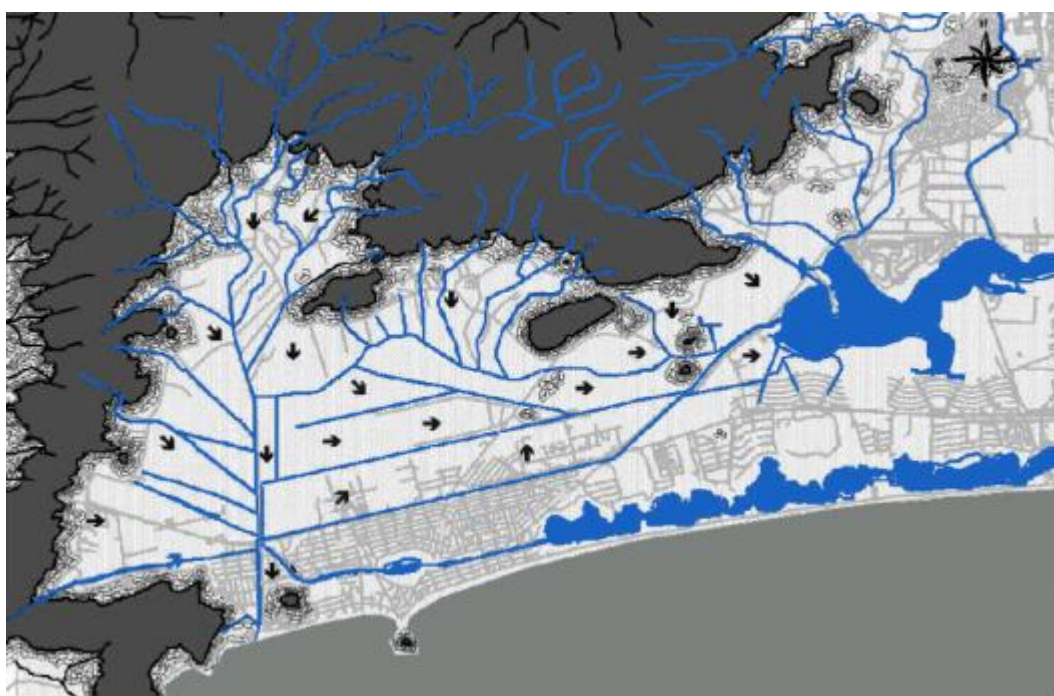


Figura 20: Hidrologia e drenagem superficial do maciço da Pedra Branca e sistema lagunar da Barra da Tijuca.

Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.113/2385>

Análise Local

Considerando:

- 1- A análise do PLC 104/09, intitulado PEU das Vargens, onde fica claro que teremos um significativo aumento de densidade a partir dos novos parâmetros de ocupação e que todos os projetos de infra-estrutura para a área das vargens deverão ser objetos de reestudos;

- 2- Que atualmente está sendo executado o projeto de drenagem em toda a Estrada dos Bandeirantes;
- 3- O projeto em execução na Estrada dos Bandeirantes, data de 1998;

A partir destas constatações, proponho uma análise de soluções para que esta nova demanda possa ser atendida.

A área específica em estudo está delimitada pelo Maciço da Pedra Branca a Norte e Oeste, pelo Canal de Sernambetiba à Leste e o Oceano ao Sul.

Para estudar melhor esta área vale entendermos algumas considerações:

É uma área permanentemente alagada, com solo predominantemente orgânico. Solo argiloso e saturado. Impermeável. Grande dificuldade de infiltração da água.

Esta área recebe contribuição direta de toda a face Norte e Oeste do Maciço da Pedra Branca que escoam através de vários canais até o grande Canal de Sernambetiba que por sua vez deságua na praia.

O deságue, a jusante, sofre com a ação natural do mar (ondas e marés) que obstruem e assoreiam o canal, retendo as águas e prejudicando a veiculação hídrica, figura 21.



Figura 21: Jusante do Canal da Sernambetiba na praia da Macumbá
Foto: Google Earth

O volume de água que hoje é retida em boa parte desta área formando diversos bolsões, brejos e pequenas lagoas, é muito grande – figura 22.

Considerando que a nova legislação aumenta o gabarito e conseqüentemente valoriza a região incentivando a urbanização de forma mais intensa e rápida do que hoje existe e do que a legislação anterior permitia e como visto anteriormente, acarretará um aumento de vazão a ser despejada diretamente sobre o Canal de Sernambetiba que hoje já se mostra insuficiente sofrendo com constantes inundações.

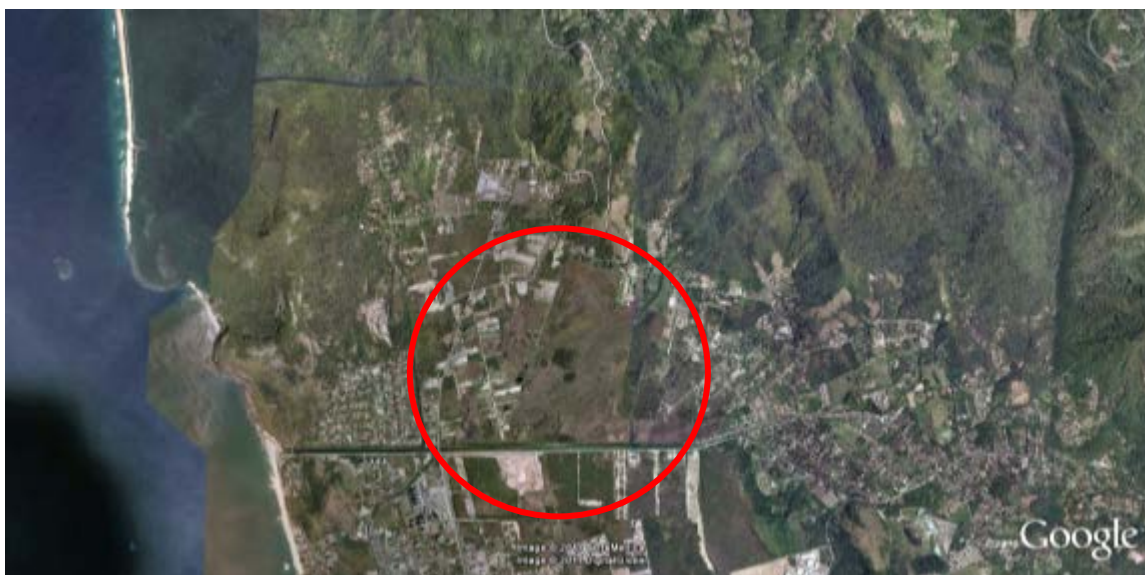


Figura 22: Área alagadiça entre o Canal de Sernambetiba e o maciço da Pedra Branca
Foto: Google Earth

Manter a retenção destas águas pode ser uma alternativa interessante para este local, com uma lâmina permanente de água e com a implantação de diversos usos no seu entorno, podendo se consolidar como uma ótima opção de lazer para a população local, valorizando seu entorno e minimizando os prováveis impactos pelo adensamento permitido pela atual legislação.

No capítulo seguinte vamos analisar uma solução possível para esta área que contempla esta retenção de águas.

4

ANÁLISE DE SOLUÇÃO – LAGOA DE RETENÇÃO

4.1

Projetos Executados

No Brasil, os primeiros reservatórios de retenção foram implantados em 1953, em Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais, sendo os da Pampulha e Santa Lúcia – figura 23 - até hoje funcionais (NASCIMENTO e BAPTISTA, 1999).



Figura 23: Lagoa da Pampulha – Belo Horizonte.
Foto: Google Earth

Recentemente, a implantação de bacias de retenção popularmente chamadas de “piscinões”, tem se destacado na Cidade de São Paulo (CANHOLI, 1994, apud FENDRICH, 2002).

Na história do armazenamento artificial, HOYT (1942) relata que águas pluviais armazenadas foram utilizadas, conjuntamente, para abastecimento municipal, para irrigação e controle de enchentes antes do nascimento de Cristo. Medidas de controle de enchentes foram utilizadas na antiga Babilônia, na bacia hidrográfica do Rio Eufrates, pelo desvio das águas excedentes com o enchimento

das depressões no deserto Árabe. Medidas semelhantes foram utilizadas na bacia hidrográfica do Rio Nilo. Entretanto, no Rio Nilo, as águas desviadas retornavam ao leito do rio, após o período das enchentes. No Século XV, na Alemanha, França e Rússia, o armazenamento das águas pluviais, foi desenvolvido e empregado, em conjunto, com as melhorias realizadas nos canais dos rios. Bacias de detenção das águas pluviais, com abertura fixa, por volta do ano de 1711, foram usadas no Rio Loire, para proteção contra enchentes na cidade de Roanne França. A experiência com a enchente de Março de 1913, no Rio Miami, no Estado de Ohio EUA, conduziu a construção de vários reservatórios tipo bacias de detenção, destinados apenas para a proteção contra as enchentes.

KLÜPPEL (1990) relata que na década de 1960 começaram a surgir as idéias de como o Município de Curitiba poderia resolver os problemas das enchentes e da drenagem urbana, sem executar obras de canalização. Os primeiros planos de preservação dos fundos de vale começaram em 1966, com a idéia de fazer o Parque Linear do Rio Iguaçu, que segundo o relato, nada mais é do que a preservação das faixas de terra sujeitas a enchentes.

Nesta época, o Município de Curitiba, começou a fazer comparações dos custos das obras estruturais de controle das enchentes com os da preservação e, chegou-se a conclusão de que preservando faixas de drenagem ao longo dos rios e canais, far-se-ia uma economia substancial. Também nesta época, começou-se a pensar nos parques São Lourenço, Barigüi, Iguaçu, etc., onde se criaram lagos e ao longo dos rios foram estabelecidas faixas de preservação dos fundos de vale, resolvendo o problema das enchentes e implantando áreas de lazer e recreação.

No início da década de 1970, a primeira experiência prática de parque linear de fundo de vale foi o Parque São Lourenço, no Norte da cidade de Curitiba – figura 24. Com área aproximada de 360.000 m², tem a preservação das florestas existentes, e o lago dimensionado para regularizar a vazão do Rio Belém.



Figura 24: Parque São Lourenço – Curitiba.
Foto: Google Earth

Em seguida, foi implantado o Parque Barigüi – figura 25 - com 1,5 milhões de m², e, iniciados os projetos e processos para a implantação do Parque Linear do Iguaçu, que seria o maior parque do Município.



Figura 25: Parque Barigüi – Curitiba.
Foto: Google Earth

Em 1975, por meio da Lei Municipal 5.263, além de definir faixas de drenagem, também previa faixas de preservação nos fundos de vale, e em todos os bosques e florestas que ficavam no entorno das faixas podiam ser englobadas como de preservação. Essa legislação fez com que Curitiba parasse de investir seus recursos orçamentários em obras de galerias e canais, porque as faixas estavam sendo preservadas e os rios escoavam naturalmente, ou seja, foi garantido aos rios o que era deles, o direito de ocuparem os seus espaços com a ocorrência de chuvas intensas. Paralelamente, houve uma organização dos loteamentos, e a execução das obras de macro drenagem mais importantes na área central foram finalizadas e, com isso Curitiba, praticamente, não tem mais enchentes, a não ser na faixa do Rio Iguaçu e em alguns casos isolados, que ainda não foram resolvidos.

TSUCHIYA (1978), diretor de Recursos Hídricos, do Ministério da Construção do Japão afirma que, atualmente, os governos locais e autoridades administrativas responsáveis pela drenagem urbana, tornaram obrigatória a construção de bacias de retenção das águas pluviais, quando as áreas dos campos de golfe, loteamentos residenciais e de indústrias, são intensamente urbanizadas. O tamanho das bacias hidrográficas urbanizadas, sob regulamentação dos governos locais, varia entre 0,10 e 20 ha, e se o uso é permanente ou experimental da bacia de retenção, também dependem dessa regulamentação. Aproximadamente 1900 bacias de retenção das águas pluviais foram construídas no Japão, e em se excluindo as dos campos de golfe, foram contabilizadas 235 bacias de uso permanente.

O exemplo mais contundente da retenção e utilização das águas pluviais da drenagem urbana, em grande escala, atendendo aos dois objetivos: No excesso das águas, para o controle das enchentes urbanas, e na escassez, ao abastecimento público é a Cidade de Cingapura, pelo Projeto do Sistema Conjunto Lower Seletar e Bedok – figura 26. Este sistema foi construído em 1996, porque representa o último manancial de água bruta disponível para a Cidade de Cingapura, visto que todos os mananciais superficiais e subterrâneos de toda a Região, já estão totalmente explorados e utilizados.



Figura 26: Reservatório de Lower Seletar e Bedok - Cingapura

Foto: Desconhecido - <http://celetube.blogspot.com.br/2011/06/bedok-reservoir-wuluo-xushuichi-bedok.html>

Com relação a utilização de dispositivos de retenção das águas pluviais, WISNER e CHEUNG (1982) relatam que na Primavera de 1980, a American Public Works Association Research Foundation (Fundação de Pesquisas da Associação Americana de Obras Públicas), realizou uma pesquisa em todos os órgãos públicos dos Estados Unidos da América e partes do Canadá para verificar, na prática do planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, a utilização do armazenamento temporário das águas pluviais, por meio de dispositivos de retenção.

Duzentos e dezenove órgãos públicos responderam que tinham dispositivos de retenção das águas pluviais. Foram tabulados 12.683 dispositivos de retenção, numa média aproximada de 58 por comunidade. Cerca de 40% das comunidades sem dispositivos de retenção das águas pluviais, responderam que estavam sendo construídos, estavam em fase de planejamento, ou, tinham sido considerados como item prioritário num futuro próximo.

No Rio de Janeiro foram anunciadas recentemente (Maio/2011) as construções de reservatórios de retenção, os populares piscinões, para resolver os problemas do entorno do Maracanã (incluindo a Praça da Bandeira), visando à realização da Copa do Mundo de futebol em 2014, hoje se encontram em fase de execução – figura 27.



Figura 27: Reservatórios de Detenção do Maracanã – Rio de Janeiro
 Fonte: Reportagem O Globo

De uma maneira geral, a solução de retenção das águas vem de muitas décadas e até séculos atrás e embora seja considerada como solução alternativa ou não-convencional, já é utilizada em larga escala em todo o mundo e aqui no Brasil.

Trata-se de uma solução que necessita de áreas livres para sua implantação, mas de baixo custo de execução.

Serve, como visto no capítulo 2, como área de amortecimento das águas com a infiltração das áreas inundáveis, contribui para o melhoramento da qualidade das águas pluviais, permite a criação de espelhos de água com interesse estético, recreativo ou de lazer, constitui reservas de água para rega e combate a incêndios além de ter um menor custo de operação e de manutenção.

A lagoa de retenção pode ser utilizada em grande escala como em Cingapura ou em pequenos bolsões de retenção minimizando o impacto ao longo do curso dos rios e canais.

Por todos estes aspectos, esta solução será analisada e aplicada como sugestão em drenagem para a área em estudo.

4.2

Gestão Urbana

Importante destacar a possibilidade que a lei concede de estabelecer zoneamento ambiental. O tradicional zoneamento refere-se tão somente às áreas destinadas a uso residencial, comercial ou industrial. Essa novidade é o reflexo da evolução constitucional brasileira no que tange aos direitos coletivos (dentre estes o meio ambiente saudável).

O zoneamento ambiental, instrumento previsto no artigo 4º do Estatuto da Cidade, anteriormente instituído pela lei 6.938/81, refere-se a uma representação cartográfica do terreno, indicando os locais mais adequados ao uso e ocupação do solo, visando garantir boa salubridade e segurança no ambiente urbano. Tal mecanismo, pouco utilizado nas metrópoles brasileiras, resguarda a população dos efeitos das intempéries, bem como permite a coexistência do ecossistema com a ocupação humana.

Em seu capítulo segundo, o Estatuto das Cidades busca definir especificadamente os instrumentos que deverão ser utilizados pela política urbana a fim de que o objetivo maior do Estatuto seja cumprido, qual seja, o bem coletivo, segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como o equilíbrio ambiental.

Dentre estes instrumentos encontra-se o plano diretor, que tem como objetivo principal atender as necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social, e ao desenvolvimento das atividades econômicas. Este plano, que deve ser aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana, sendo inclusive obrigatória a inclusão de metas e diretrizes tratada pelo diploma urbanístico, como de execução nas leis orçamentárias do município.

Este plano deve apresentar um conteúdo mínimo, conforme o artigo 42 da lei, sendo necessária a delimitação das áreas urbanas que poderá ser aplicado o parcelamento, edificação ou utilização compulsória, considerada a existência de infraestrutura e de demanda para a utilização.

Disposições requeridas pelo artigo 35: possibilidade de se alienar o direito de construir quando o imóvel for considerado para fins de implementação de

equipamentos urbanos e comunitários; preservação histórica, ambiental, paisagística, social e cultural; servir a programas de regulamentação fundiária.

As bacias hidrografias e sub-hidrográficas, das quais o Município faz parte também deverão ser consideradas na elaboração do plano diretor. Na verdade, o plano diretor e o plano da bacia hidrográfica devem se interagir e se completarem.

Segundo os Profs. Dr. Kamel Zahed Filho, Dr. José Rodolfo Scarati Martins, Dr^a. Monica Ferreira do Amaral Porto, Dr^a. Ana Paula Zubiaurre Brites da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária - PHA 2537 – Águas em Ambientes Urbanos:

Ações para implantação do sistema de retenção de águas pluviais:

- 1- Necessidade de um Plano de Ação de curto e longo prazo: PLANO DIRETOR DE DRENAGEM.
- 2- Previsão da ocupação do solo.
- 3- Programas de implantação sincronizados com obras de micro drenagem.
- 4- Cronograma físico e financeiro para a execução das obras.
- 5- Avaliação de necessidades de desapropriações. No caso de áreas ocupadas, não basta indenizar. É preciso mitigar os impactos das mudanças das pessoas.
- 6- Coordenação com a implantação de outras obras de infraestrutura urbana.
- 7- Programa de implantação paralela de medidas não estruturais.
- 8- Necessidade de avaliação de impactos ambientais.
- 9- Aprovação das obras e medidas junto à população e aos órgãos competentes.
- 10- Consideração da melhoria da qualidade das águas pluviais.
- 11- Avaliar a possibilidade de medidas preventivas, que diminuam a necessidade de obras (manutenção de várzeas de inundação naturais).
- 12- Prever sistemas de fiscalização da ocupação do solo.
- 13- Conscientizar sobre a importância da manutenção adequada das obras futuras.

Tendo em vista a Constituição Brasileira e o disposto no Inciso VIII do seu Art. 30, o planejamento, os planos diretores, e ainda, os projetos, obras e serviços

de drenagem urbana, mesmo que a área de drenagem ultrapasse os seus limites territoriais, serão de competência exclusiva do Município.

4.3

Desafios possíveis para a implantação de uma Lagoa de Retenção

NASCIMENTO et al. (1999) salienta que no Brasil, devido a multidisciplinaridade da equipe técnica a ser envolvida na concepção, dimensionamento e gestão de bacias de detenção no controle de enchentes urbanas, sua utilização ainda é vista com desconfiança, pois não existe a visão integrada dos profissionais envolvidos. A adequada inserção ambiental desta solução técnica no controle das enchentes urbanas requer visão integrada tanto dos aspectos urbanísticos, hidrológicos, e ambientais, como dos aspectos legais da questão.

Na tabela 1 abaixo representa uma síntese dos critérios que devem ser levados em conta no projeto de uma bacia de detenção ou de retenção das águas pluviais na drenagem urbana.

Critério	Elementos de análise	
Funcional	Primária	Vazão de pico, forma do hidrograma, características de reservação e descarga
	Secundária	Área e perímetro do reservatório, controle do assoreamento, acessos
Ambiental	Proteção ambiental	Qualidade da água, ecologia aquática, controle de insetos
	Urbanismo	Inserção paisagística, equipamentos de lazer, convivência, acesso de veículos e pedestres, estacionamento
Construtivo	Praça de trabalho, acessos, disponibilidade de materiais e mão de obra	
Operacional	Inspeção e manutenção do reservatório e das estruturas hidráulicas, remoção de sedimentos e lixo, manutenção dos equipamentos urbanos	
Legal	Regulamentação de uso como equipamento urbano, regulamentação quantitativa e qualitativa das águas afluentes	

Tabela 1: Critérios para projeto de bacias de detenção ou de retenção das águas pluviais.

Fonte: NASCIMENTO et al. (1999)

TUCCI e GENZ (1995) na questão do gerenciamento do controle das enchentes urbanas destacam que: “Nenhum loteador evitará ocupar as áreas ribeirinhas de risco, ou, construir a rede de galerias de águas pluviais mantendo a cheia natural, se não for obrigado pela legislação e fiscalizado pela administração municipal”. A falta de mecanismos básicos de controle tem transferido para toda a sociedade, o ônus econômico-social, de responder por problemas dessa natureza.

A solução nem sempre resolve o problema, apenas transfere-se de um lugar para outro. A demora no planejamento das ações de controle sobre o impacto das enchentes urbanas tende a agravar os custos de ações futuras, uma vez que, após a ocupação das bacias hidrográficas, as soluções são sempre muito onerosas, pois não existem espaços para reservatórios de detenção, a bacia já está urbanizada e as áreas ribeirinhas já foram ocupadas, na maioria das vezes, de forma inadequada.

No controle das enchentes urbanas, MARIN et al. (1999), salientam a necessidade de um planejamento adequado do sistema de drenagem urbana, embasado em princípios que conduzam a otimização dos benefícios econômicos e sociais. Estes princípios são:

- 1- Visão sistêmica da drenagem urbana dentro dos limites de uma bacia hidrográfica, em que as intervenções propostas para a minimização das enchentes da região, não transfiram o problema para jusante;
- 2- A drenagem urbana deve ser encarada como um problema de alocação de espaço, de tal forma que os empreendimentos a montante conservem as condições naturais de escoamento, por meio de reservatórios de detenção ou acumulação, diminuindo os custos de ampliação do sistema de drenagem das áreas a jusante;
- 3- A área urbana deve ser planejada de forma integrada e coerente com todos os melhoramentos públicos, incluídos no plano geral de desenvolvimento (redes de água, pavimentação de ruas, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos, drenagem urbana, etc.);
- 4- Perfeita compatibilidade entre os planos regionais, estaduais e federais.

4.4

Implantação da Lagoa de Retenção

Baseado tanto no mapa de Bacias e Sub-bacias Hidrográficas do Rio de Janeiro constante dos arquivos do Instituto Pereira Passos (IPP-RJ) – figura 28 - quanto em fotos aéreas do Google Earth – figuras 29 e 30 - além de visitas e relatos locais, foi possível identificar o ponto mais alagadiço desta área. A

dificuldade de infiltração devido à composição do solo, a baixa altitude local e a quantidade de canais que passam por esta área a caracterizam desde sempre como uma lagoa de retenção natural. Durante as chuvas parte desta precipitação fica retida nesta área fazendo com que seja escoada ou infiltrada gradativamente ao longo do tempo.



Figura 28: Bacias e sub-bacias hidrográficas – 2004 (Parte)
Fonte: IPP – Gerencia de Cartografia 2004



Figura 29: Área permanentemente alagada entre o Canal de Sernambetiba e o maciço da Pedra Branca.

Foto – Google Earth – 09/04/2014

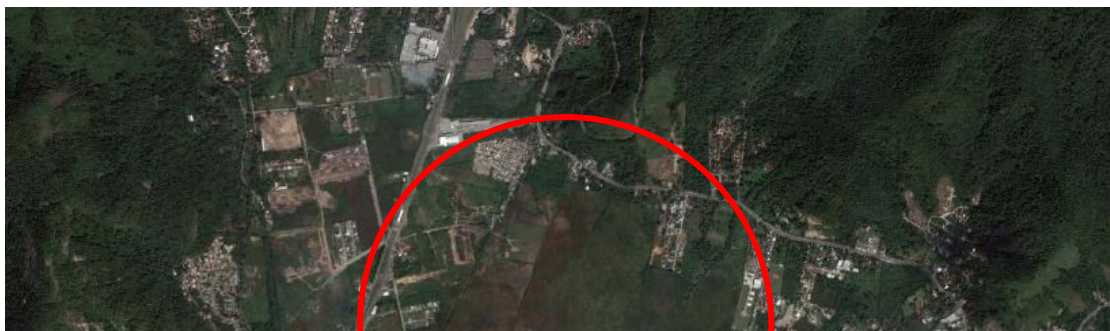


Figura 30: Área permanentemente alagada entre o Canal de Sernambetiba e o maciço da Pedra Branca.
Foto – Google Earth – 16/06/2009

Visando uma maior integração com o ecossistema existente de forma a gerar o menor impacto possível e aproveitando as condições naturais apresentadas historicamente, como o menor nível altimétrico (+1,5m), a dificuldade de ocupação pelo tipo de solo, a área acima demarcada se apresenta como a área propícia para a implantação da lagoa de retenção, não sendo necessárias relocações de população previamente existentes e por ser uma grande área desocupada.

A sugestão de implantação seria a “formalização” de uma lagoa neste local servindo como lagoa de retenção para toda esta área em estudo.

O direcionamento das águas pluviais captadas pelos futuros empreendimentos e construções e o deságue dos demais canais abasteceria esta lagoa evitando a sobrecarga de vazão no Canal de Sernambetiba durante um período de chuvas, minimizando os impactos de drenagem neste local e as inundações existentes deste sempre.

Para tal implantação foi feito um estudo com cálculos de vazão conforme a precipitação local para dimensionamento e profundidade da Lagoa. Os canais existentes deveriam ser redirecionados para esta Lagoa e um grande parque marginal deverá ser elaborado para uso público de lazer e contemplação estimulando o seu uso e evitando e inibindo as ocupações irregulares.

4.5

Dimensionamento da Lagoa de Retenção

Para análise da proposta de Lagoa de Retenção foi feito um pré-dimensionamento a fim de observar a viabilidade de implantação da mesma a fim de solucionar os possíveis problemas de enchentes após a urbanização completa da área.

Primeiramente foi definida a área de contribuição da Bacia Local = 47,97 Km², representada na figura 31.



Figura 31: Bacia de contribuição.
Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

A área baixa da Bacia corresponde a aproximadamente 12 km², recebendo toda a contribuição dos rios da região – figura 32.



Figura 32: Área baixa da bacia..
Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

Utilizando o Mapa Digital do Portal GeoRio e o programa AUTOCAD, foi possível calcular também os talvegues altos e baixos desta Bacia.

Como base de dados e de referência para dimensionamento da bacia, foi utilizado “Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de drenagem Urbana” da Secretaria de Obras do Rio de Janeiro – Rio Águas, representado na tabela 2:

DADOS LOCAIS	Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA	Valor Un.
Área da Bacia	47,97 Km ²	Run Off "C" - Alta	0,5
Área Baixa	12,51 Km ²	Run Off "C" - Baixa	0,2
Área Alta	35,46 Km ²	Run Off "C" - Urbano	0,5
		Tr - Tempo de Recorrência	10 anos
Talvegue Alto	6,15 Km	Pluviômetro	
H - Talvegue Alto	850,00 m	Via 11	
		a	1423
Talvegue Baixo	7,28 Km	b	0,19
H - Talvegue Baixo	8,000 m	c	14,5
H - Descarga Bacia	0 Km	d	0,796

Tabela 2: Dados locais e de referência.

Fonte: Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de drenagem Urbana” da Secretaria de Obras do Rio de Janeiro – Rio Águas

Baseado nestes dados foi calculado o Tempo de Concentração (tc) e a Vazão de pico (Q) da Bacia Urbanizada, demonstrados na tabela 3:

CÁLCULOS	Valor Un.
Run Off "C" - ponderado	0,50
Declividade Alto	0,14
Declividade Baixo	0,00110
Tc1	0,58 h
Tc2	4,22 h
Tempo Concentração - Tc =	288,22 min
=	17.293,08 s
Intensidade Pluviométrica - i	23,35 mm/h
Vazão - Q	155,57 m ³ /s

Tabela 3: Cálculo de Vazão.

Desta forma chega-se ao Volume (V) de pico para esta Bacia, conforme tabela 4:

VOLUME=	$2,64(tc) \times Q_{pico} / 2 \text{ m}^3$		
VOLUME=	3.551.255,69	m^3	

Tabela 4: Cálculo de Volume.

Para que a Lagoa de Retenção seja capaz de reter toda a água pluvial desta Bacia num pico de vazão é necessária a retenção de 3.551.255,69m³.

Considerando que:

- 1- O solo local, devido às suas características morfológicas - exige soluções técnicas para escavações muito onerosas, limitando o uso de equipamentos devido a sua estabilidade, a necessidade de rebaixamento de lençol freático em vasta área e a longo prazo, necessidade de muros de suporte para contenção (como cortinas de estacas pranchas, paredes moldadas, ou outro processo de altíssimo custo) e ainda a remoção e destinação adequada deste material de bota fora - limitando como solução a execução de um grande aterro a fim de elevar o nível das bordas da Lagoa mantendo-se o nível de implantação atual (+1,5m) como fundo da Lagoa – figura 33;



Figura 33: Cota altimétrica da área baixa e alagada.

Fonte – Plantas Cadastrais do Rio de Janeiro – AUTOCAD

- 2- A borda livre da Lagoa na vazão de pico deve ter pelo menos 1m (h) por questões de segurança;
- 3- A área de baixada da Bacia corresponde a aproximadamente 12 Km²;

- 4- A área ao Norte da Av. das Américas é uma área contígua e poderia abrigar a Lagoa;
- 5- Esta área tem aproximadamente 10km² - figura 34;



Figura 34: Área baixa da bacia..

Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

- 6- Esta área está aproximadamente 20% ocupada, conforme pode ser observado e estimado aproximadamente na figura 35;



Figura 35: Área em estudo.

Fonte: Google Earth – 04/04/2012

- 7- Desta forma podemos considerar que existe uma “área plana livre” de 8km² para implantação da Lagoa;

Se a mesma ocupasse toda esta área, numa simulação hipotética, para abrigar os 3.551.255,69m³, deveria ter uma profundidade média de 45cm.

Como existem declividades e a ocupação não está concentrada, além é claro da impossibilidade de se alienar todas as áreas não ocupadas até agora que são de

propriedades particulares, podemos simular que a Lagoa teria uma área de lâmina d'água de 1,2km², conforme representado na figura 36 abaixo:



Figura 36: Área da Lagoa de Retenção.
Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

Desta forma, sua profundidade seria de 2,96m, com 1m de borda livre e conforme considerado, o fundo da lagoa estaria no nível atual de +1,5m, a margem da Lagoa estaria no nível + 5,46m e o espelho d'água a + 4,46m.

4.6

Análise da Implantação da Lagoa de Retenção

Baseado nas simulações acima, podemos verificar que quanto maior a área superficial da Lagoa, maiores serão os problemas fundiários, visto que os terrenos são privados e quanto menor a sua superfície, maior a sua profundidade. A dificuldade de escavação no solo argiloso numa área de cota baixa exige que a

profundidade da Lagoa seja dada pela cota de implantação da sua borda, aumentando a cota de implantação das futuras edificações no entorno, sendo necessária assim, uma grande quantidade de aterro para viabilizar e proteger a vizinhança, elevando em aproximadamente 4m o nível de implantação atual.

Embora a solução de implantação de uma Lagoa de retenção seja adequada à região, devido à baixa ocupação populacional e construtiva, o seu baixo custo de implantação e todos os benefícios vistos no capítulo 4, existem pontos relevantes que devem ser levados em consideração.

Este volume de aterro, além do problema ambiental durante a sua extração e transporte - com grande movimentação de caminhões e máquinas, gerando poluição e trânsito - dificultará a infiltração das águas superficiais no solo devido à necessidade do alto nível de compactação deste aterro para o assentamento da própria margem da Lagoa, além das vias, calçadas e áreas ajardinadas, impermeabilizando o solo ao invés de auxiliar na sua infiltração.

Outro item a ser considerado é a implantação atual das edificações existentes - já que muitas delas estão em cotas baixas, como se pode observar na figura 37 - elevando ainda mais o risco de enchentes para os moradores atuais, já que o nível d'água da bacia pode chegar a 3,96m e a cota atual de implantação de algumas edificações é de 2m.

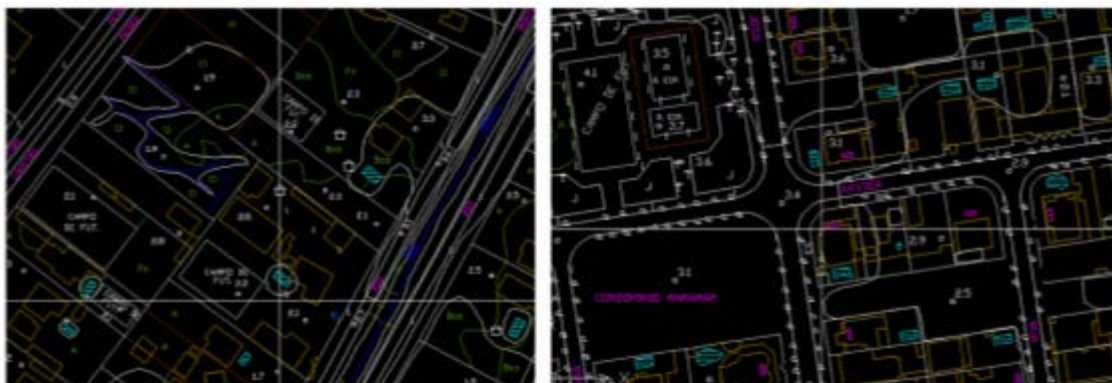


Figura 37: Cota altimétrica da área ocupada.
 Fonte – Plantas Cadastrais do Rio de Janeiro – AUTOCAD

4.7

Sugestão

Entendendo a retenção de águas como a solução mais viável ambientalmente, financeiramente e executivamente para esta área - considerando que a mesma será ocupada mais intensamente e o volume de águas escoado superficialmente será muito maior que o atual - mas analisando a Lagoa proposta e seus impactos pelo volume de águas desta área como uma solução de grande impacto, sugiro estudar uma segunda opção de retenção, que conforme TUCCI e GENZ (1995) se aplica a bacias hidrográficas no primeiro estágio de urbanização, como visto no capítulo 2.2 (figura 5), com diversas Lagoas de retenção minimizando o impacto de uma única Lagoa.

O primeiro ponto a analisar é a possibilidade de fazer esta retenção próxima ao pé do maciço, onde a cota de implantação da Estrada dos Bandeirantes, é maior (próxima de 7m) o que e conseqüentemente teríamos maior profundidade para a Lagoa e menor área superficial.

Na figura 38 abaixo (utilizada no capítulo 3.4 - figura 20) que representa a bacia hidráulica da região, vou analisar os 6 pontos favoráveis a implantação de Lagoas e suas respectivas bacias – à verificar:

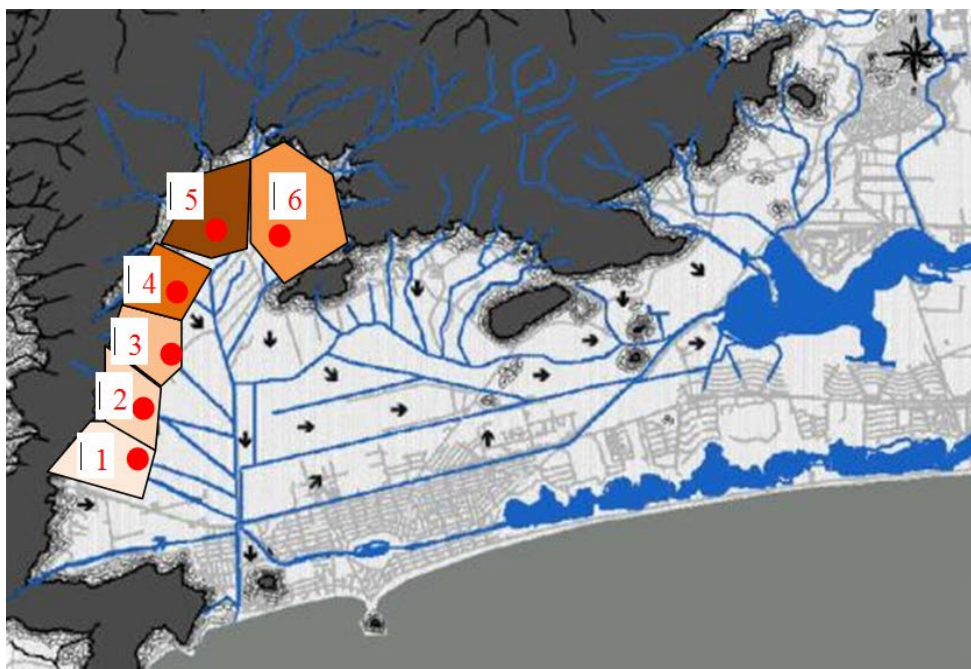


Figura 38: Sugestão de divisão da área por bacias menores

Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.113/2385>

Considerando que a Estrada dos Bandeirantes foi implantada na cota 7m, e que podemos implantar Lagoas em cada ponto acima demarcado e considerando o fundo de cada Lagoa no terreno original (cota 1,5m) teríamos a profundidade de 4,5m (considerando 1m de borda livre).

Na figura 39 foram demarcadas as 6 bacias com suas respectivas áreas. Na sequência apresentarei as 6 bacias separadas (figuras 40, 42, 44, 46, 48 e 50), o dimensionamento (tabelas 5 a 10) de cada lagoa e sua localização (figuras 41, 43, 45, 47, 49 e 51).

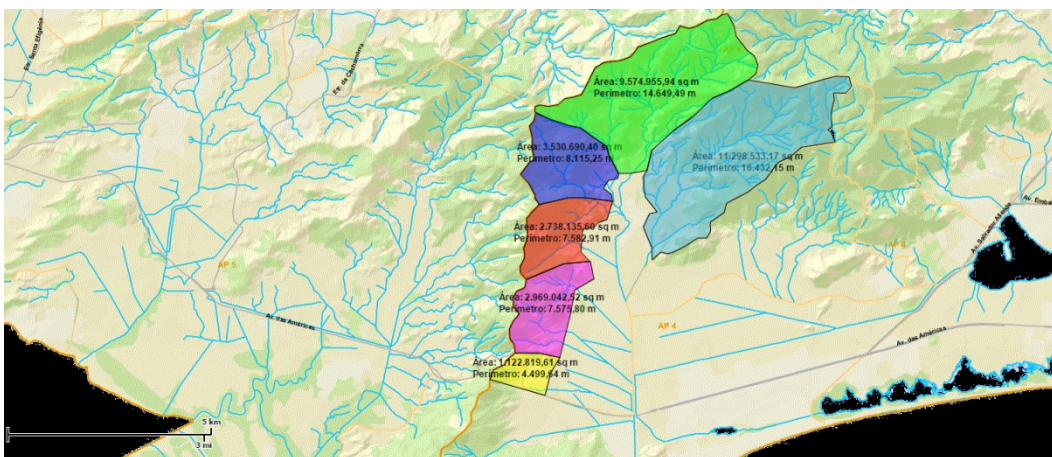


Figura 39: Demarcação das bacias.

Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0913902/CA

BACIA 01

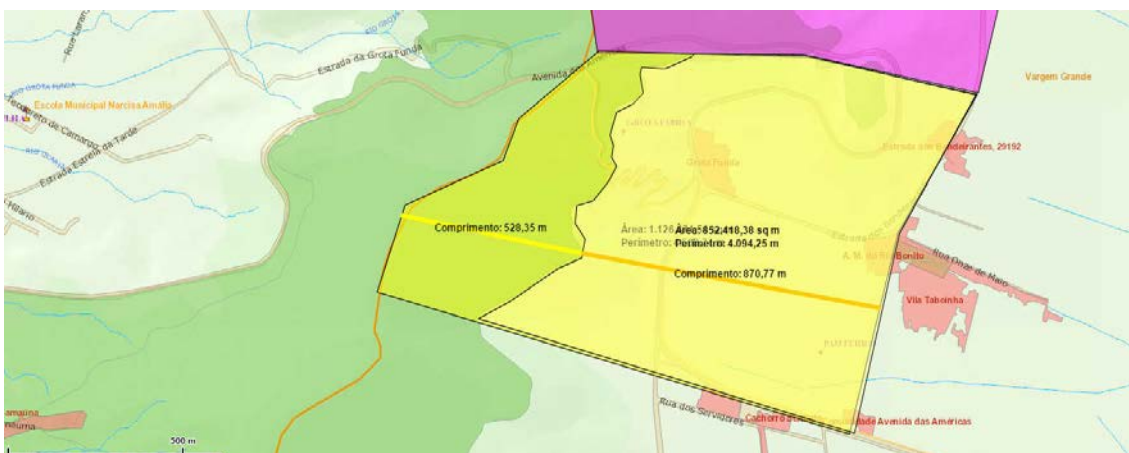


Figura 40: Bacia 01.
 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

DADOS LOCAIS		Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA		Valor Un.	CÁLCULOS		Valor Un.
BACIA HIDROGRÁFICA 01	Área da Bacia	1,12 Km ²	Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado	0,50	Tc1	0,05 h
	Área Baixa	0,85 Km ²	Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Alto	0,69	Tc2	0,38 h
	Área Alta	0,27 Km ²	Run Off "C" - Urbano	0,5	Declividade Baixo	0,00805	Tempo Concentração - Tc =	25,75 min
	Área da Lagoa	8.500,00 m ²	Tr - Tempo de Recorrência	10 anos			=	1.545,15 s
	Talvegue Alto	0,53 Km	Pluviômetro					
	H - Talvegue Alto	373,00 m	Via 11					
	Talvegue Baixo	0,87 Km	a	1423				
	H - Talvegue Baixo	7,000 m	b	0,19				
	H - Descarga Bacia	0 Km	c	14,5				
			d	0,796				

VOLUME-	2,64(tc) x Qpico / 2 m ³
VOLUME-	37.009,37 m ³
NA lagoa-	4,35 m

Tabela 5: Bacia 01.

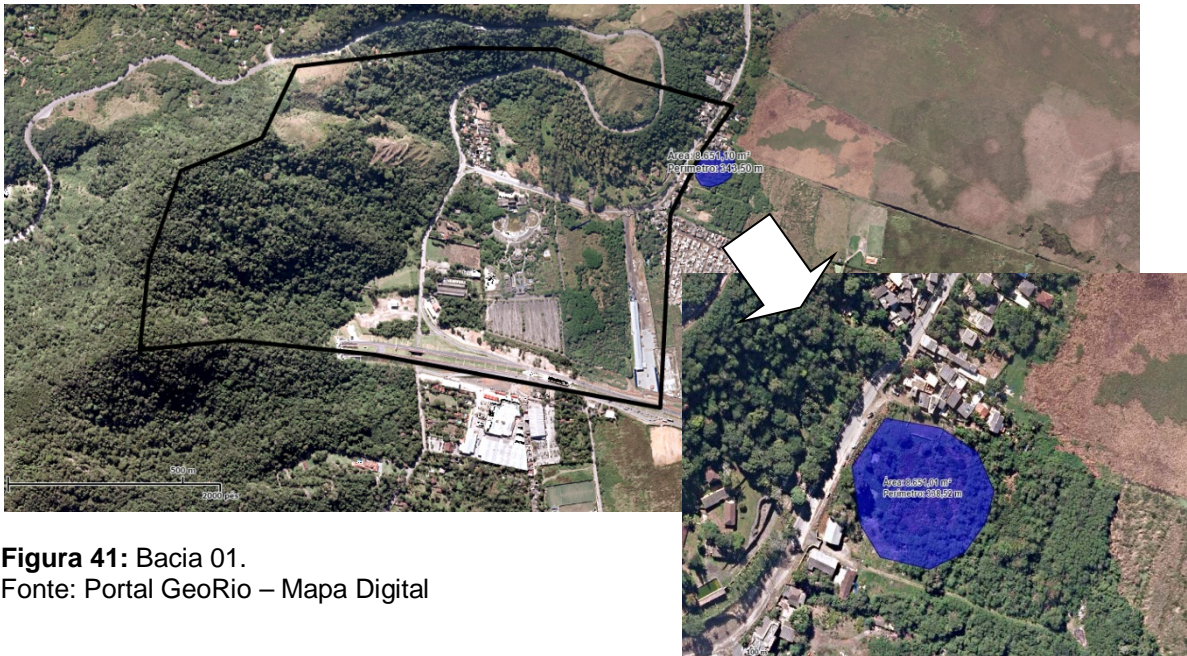


Figura 41: Bacia 01.
 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

BACIA 02

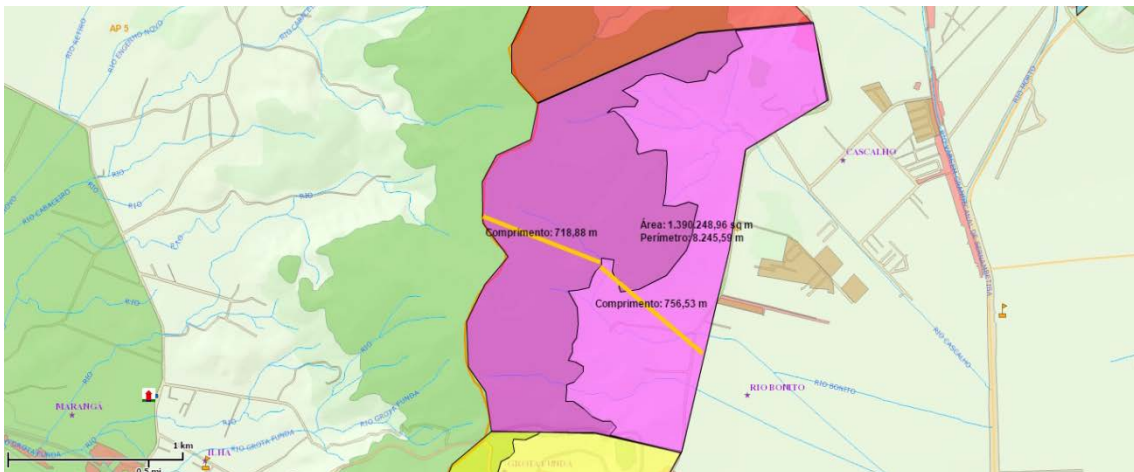


Figura 42: Bacia 02.
 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

DADOS LOCAIS		Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA		Valor Un.	CÁLCULOS		Valor Un.
BACIA HIDROGRÁFICA 02	Área da Bacia	2,97 Km ²	Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado	0,50		
	Área Baixa	1,39 Km ²	Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Alto	0,58		
	Área Alta	1,58 Km ²	Run Off "C" - Urbano	0,5	Declividade Baixo	0,00925		
	Área da Lagoa	22.000,00 m ²	Tr - Tempo de Recorrência	10 anos				
	Talvegue Alto	0,72 Km	Pluviometro		Tc1	0,06 h		
	H - Talvegue Alto	421,50 m	Via 11		Tc2	0,33 h		
	Talvegue Baixo	0,76 Km	a	1423	Tempo Concentração - Tc =	23,35 min		
	H - Talvegue Baixo	7,000 m	b	0,19	=	1.400,87 s		
	H - Descarga Bacia	0 Km	c	14,5	Intensidade Pluviométrica - i	122,20 mm/h		
			d	0,796	Vazão - Q	50,39 m ³ /s		

VOLUME=	2,64(tc) x Qpico / 2 m ³
VOLUME=	93.183,74 m ³
NA lagoa=	4,24 m

Tabela 6: Bacia 02.

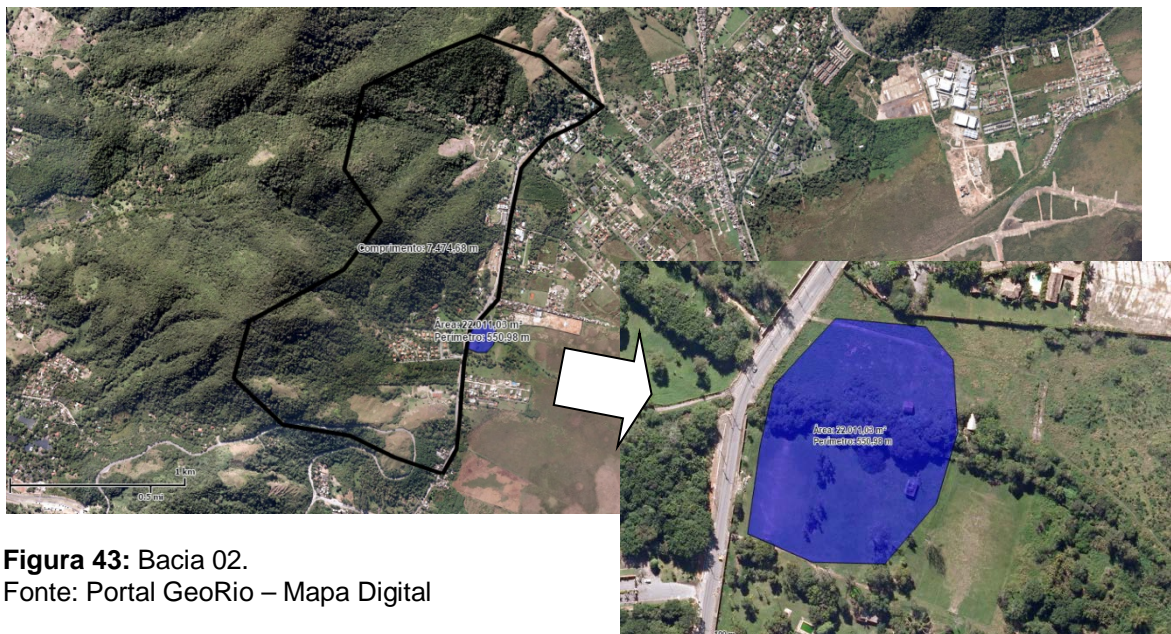


Figura 43: Bacia 02.
 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

BACIA 03

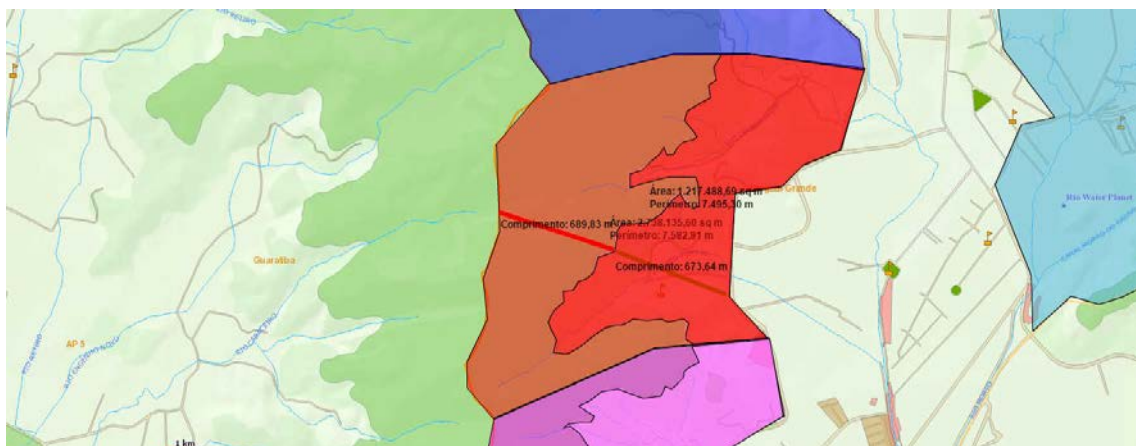


Figura 44: Bacia 03
 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

DADOS LOCAIS		Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA		Valor Un.	CÁLCULOS		Valor Un.	
BACIA HIDROGRÁFICA 03	Área da Bacia	2,74 Km²	Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado	0,50	Declividade Alto	0,47	
	Área Baixa	1,22 Km²	Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Baixo	0,01039	Tc1	0,07 h	
	Área Alta	1,52 Km²	Run Off "C" - Urbano	0,5	Tr - Tempo de Recorrência	10 anos	Tc2	0,28 h	
	Área da Lagoa	19.000,00 m²	Pluviômetro		Tempo Concentração - Tc =	21,09 min	=	1.265,59 s	
	Talvegue Alto	0,69 Km	Via 11		Intensidade Pluviométrica - i	128,33 mm/h	Vazão - Q	48,80 m³/s	
	H - Talvegue Alto	329,00 m	a	1423					
	Talvegue Baixo	0,67 Km	b	0,19					
	H - Talvegue Baixo	7,000 m	c	14,5					
	H - Descarga Bacia	0 Km	d	0,796					
	VOLUME=		2,64(tc) x Qpico / 2 m³						
	VOLUME=		81.528,08 m³						
	NA lagoa=		4,29 m						

Tabela 7: Bacia 03



Figura 45: Bacia 03
Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

BACIA 04

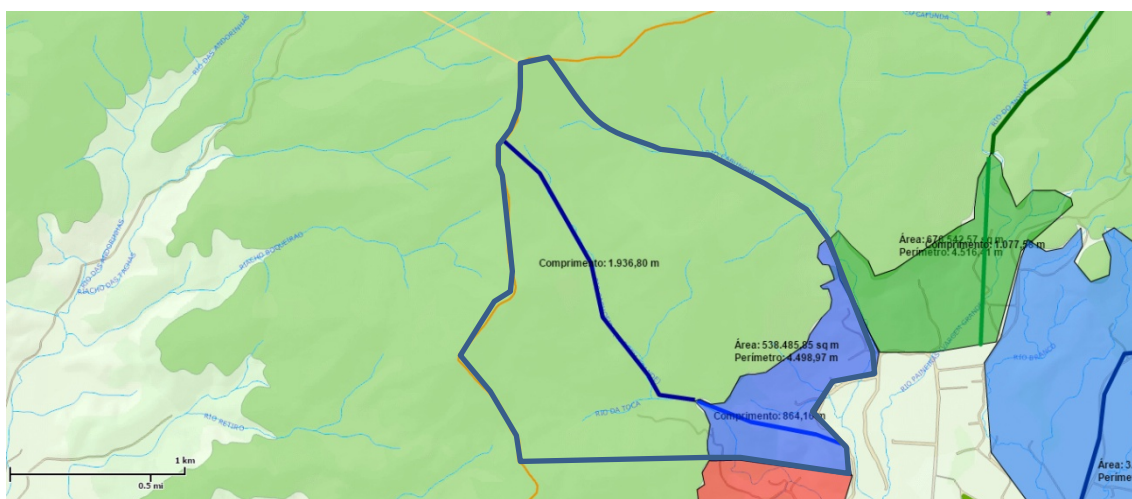


Figura 46: Bacia 04
Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

DADOS LOCAIS		Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA		Valor Un.	CÁLCULOS		Valor Un.
BACIA HIDROGRÁFICA 04	Área da Bacia	3,53 Km ²	Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado	0,50	Declividade Alto	0,28
	Área Baixa	0,54 Km ²	Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Baixo	0,00810	Tc1	0,18 h
	Área Alta	2,99 Km ²	Run Off "C" - Urbano	0,5			Tc2	0,38 h
	Área da Lagoa	30.000,00 m ²	Tr - Tempo de Recorrência	10 anos	Tempo Concentração - Tc =	33,60 min		
	Talvegue Alto	1,94 Km	Pluviômetro				Tempo Concentração - Tc =	2.016,09 s
	H - Talvegue Alto	549,00 m	Via 11		Intensidade Pluviométrica - i	100,97 mm/h	Vazão - Q	49,51 m ³ /s
	Talvegue Baixo	0,86 Km	a	1423				
	H - Talvegue Baixo	7,000 m	b	0,19				
	H - Descarga Bacia	0 Km	c	14,5				
			d	0,796				

VOLUME=	2,64(tc) x Qpico / 2 m ³
VOLUME=	131.770,38 m ³
NA lagoa=	4,39 m

Tabela 8: Bacia 04

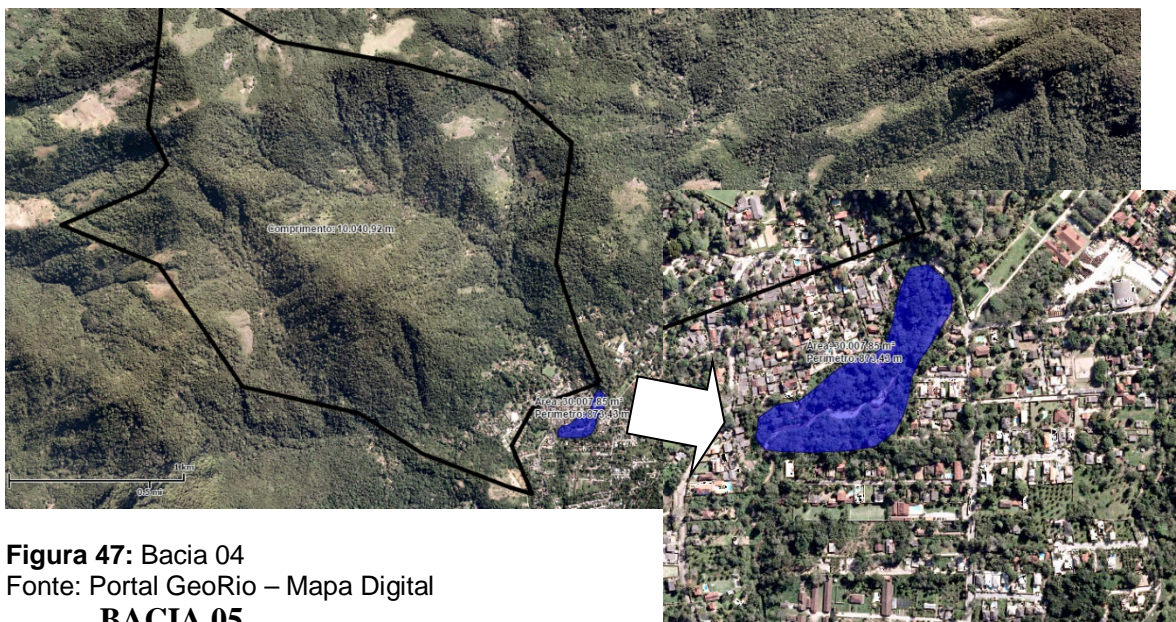


Figura 47: Bacia 04
 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital
BACIA 05

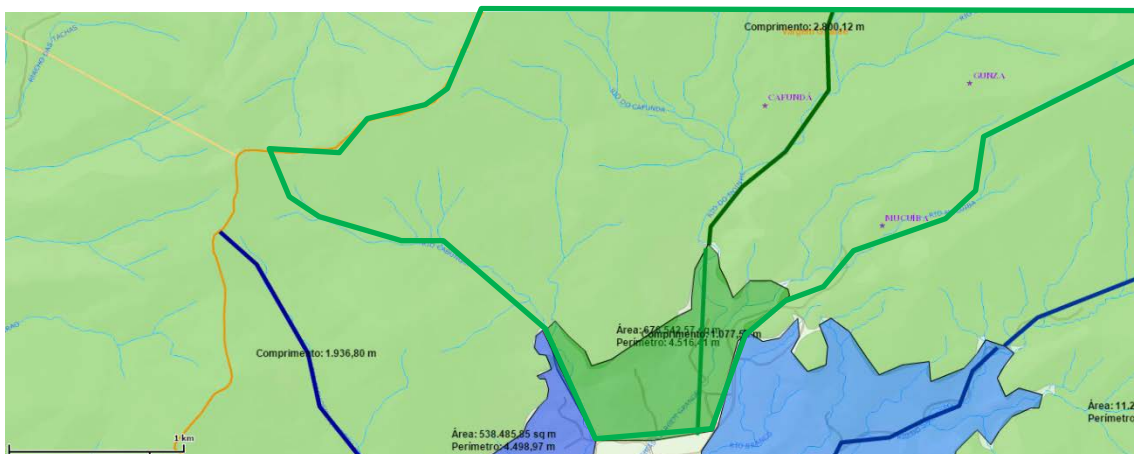


Figura 48: Bacia 05
 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

DADOS LOCAIS		Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA		Valor Un.	CÁLCULOS		Valor Un.
BACIA HIDROGRÁFICA 05	Área da Bacia	9,57 Km²	Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado	0,50	Declividade Alto	0,36
	Área Baixa	0,68 Km²	Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Baixo	0,00650	Tc1	0,22 h
	Área Alta	8,90 Km²	Run Off "C" - Urbano	0,5			Tc2	0,49 h
	Área da Lagoa	90.000,00 m²	Tr - Tempo de Recorrência	10 anos			Tempo Concentração - Tc =	42,44 min
	Talvegue Alto	2,80 Km	Pluviômetro				=	2.546,28 s
	H - Talvegue Alto	1.015,00 m	a	1423	Intensidade Pluviométrica - i	88,29 mm/h	Vazão - Q	117,41 m³/s
	Talvegue Baixo	1,08 Km	b	0,19				
	H - Talvegue Baixo	7,000 m	c	14,5				
	H - Descarga Bacia	0 Km	d	0,796				

VOLUME=	2,64(tc) x Qpico / 2 m³
VOLUME=	394.628,77 m³
NA lagoa=	4,38 m

Tabela 9: Bacia 05

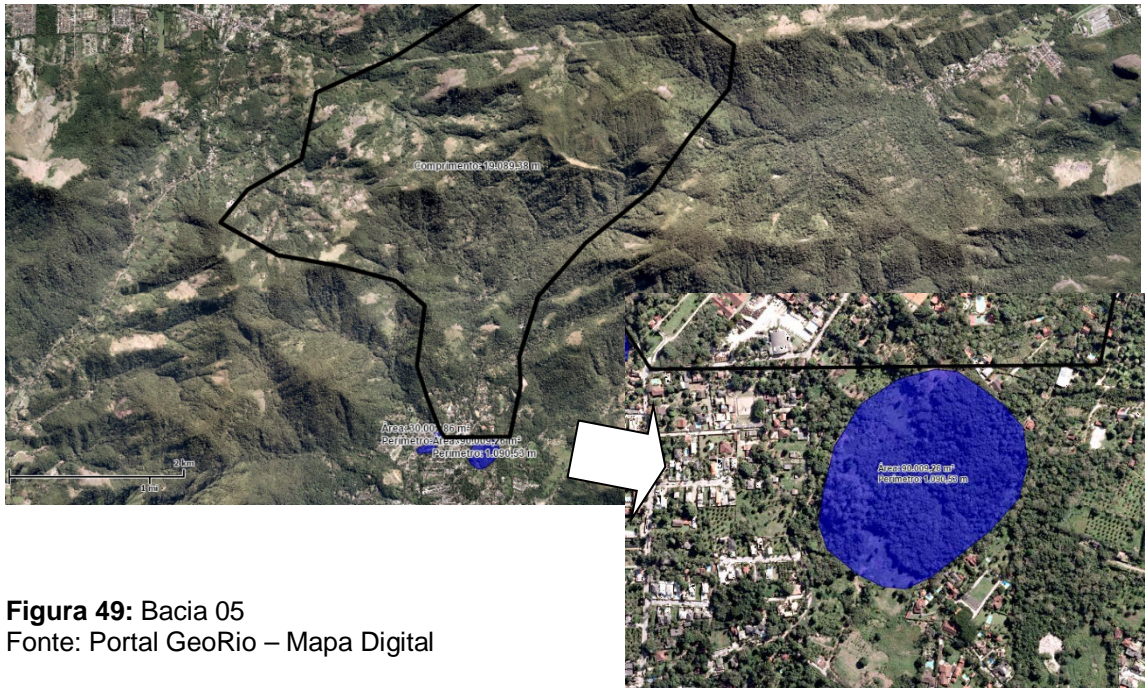


Figura 49: Bacia 05
Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

BACIA 06

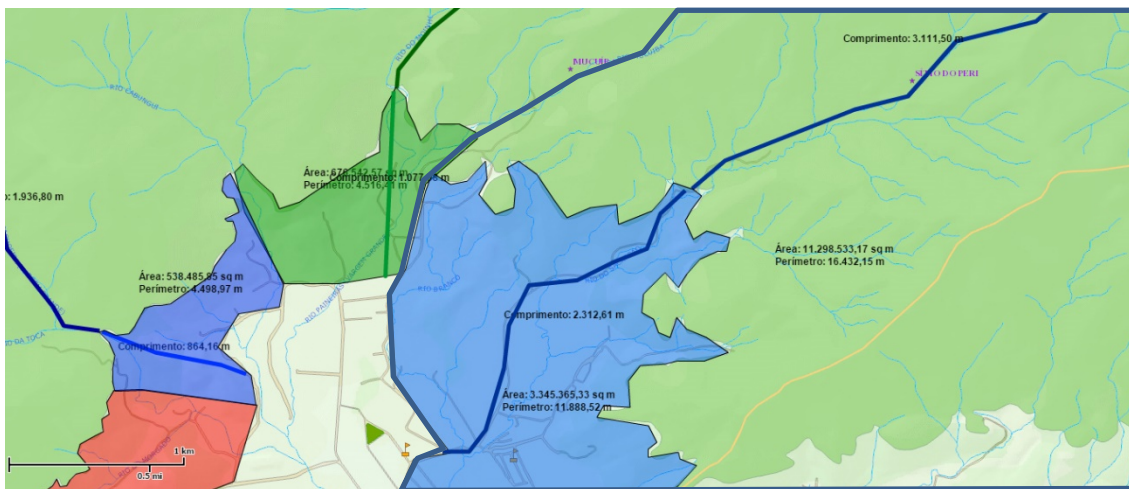


Figura 50: Bacia 06
Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

BACIA HIDROGRÁFICA 06	DADOS LOCAIS	Valor Un.	DADOS DE REFERÊNCIA	Valor Un.	CÁLCULOS	Valor Un.
	Área da Bacia	11,30 Km ²		Run Off "C" - Alta	0,5	Run Off "C" - ponderado
Área Baixa	3,35 Km ²		Run Off "C" - Baixa	0,2	Declividade Alto	0,24
Área Alta	7,95 Km ²		Run Off "C" - Urbano	0,5	Declividade Baixo	0,00303
Área da Lagoa	140.000,00 m ²		Tr - Tempo de Recorrência	10 anos	Tc1	0,28 h
Talvegue Alto	3,11 Km		Pluviômetro		Tc2	1,18 h
H - Talvegue Alto	747,00 m		Via 11		Tempo Concentração - Tc =	87,56 min
Talvegue Baixo	2,31 Km		a	1423	b	= 5.253,61 s
H - Talvegue Baixo	7,000 m		b	0,19	c	= 55,48 mm/h
H - Descarga Bacia	0 Km		c	14,5	d	= 87,07 m ³ /s
			d	0,796		

VOLUME=	2,64(tc) x Qpico / 2 m ³
VOLUME=	603.777,05 m ³
NA lagoa=	4,31 m

Tabela 10: Bacia 06

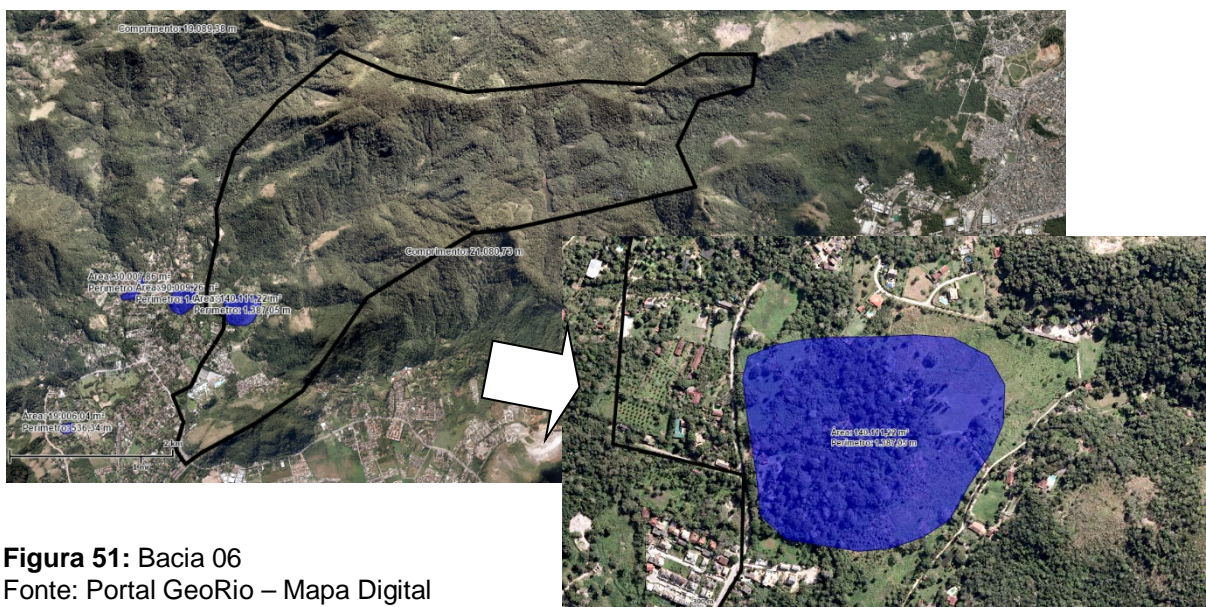


Figura 51: Bacia 06
 Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

Desta forma, o impacto será menor, a borda precisará de menos aterro, já que a Estrada dos Bandeirantes está consolidada e na cota próxima de 7m, os terrenos no entorno seguem esta cota, a área de cada Lagoa será menor também, por ter maior profundidade (4,5m) e dividida em 6 partes, gerando um menor impacto latifundiário por ocupar áreas menores.

Outro benefício que deve ser levado em conta é a multiplicação de áreas de lazer no entorno das Lagoas, espalhadas por esta área, trazendo maior vivacidade para o bairro.

A Estrada dos Bandeirantes deverá servir como importante elo de intercomunicação entre as Lagoas, servindo como um corredor verde, com transporte público, ciclovias e com a infraestrutura em geral, interligando flora e fauna e enriquecendo a região.

A manutenção dos rios e canais existentes fazendo a interligação das Lagoas com o Canal de Sernambetiba será imprescindível para a revitalização da

área e complementação à retenção das águas (figura 52). A regulamentação transformando estes canais em Parques Lineares contribuirão para o amortecimento do deságue das águas no Canal, além de criar novos corredores verdes e áreas de lazer no seu entorno.



Figura 52: Área em estudo com a implantação das 6 lagoas e sua interligação com o Canal da Sernambetiba e o deságue no mar
Fonte: Portal GeoRio – Mapa Digital

5

CONCLUSÃO

A perspectiva de uma intensa ocupação da área das Vargens em uma área historicamente frágil que teve sua ocupação feita de forma tardia pela própria caracterização do solo – argiloso, orgânico, impermeável - do histórico de suas propriedades e da legislação anterior vigente, aliados a grande variedade de rios, canais, lagos e lagoas tornam a região constantemente alagada influenciado ainda pela sua baixa altitude e pouca declividade para escoamento.

Devido também à grande incidência de chuvas pela grandiosidade e proximidade do maciço da Pedra Branca esta área deve hoje ser cuidadosamente estudada a fim de se minimizar os impactos futuros, já que como corretamente citado por Lucio Costa (capítulo 3.2) na década de 60: “mas por outro lado, parece evidente que um espaço com tais proporções e tão acessível não poderia continuar indefinidamente imune, teria mesmo de ser, mais cedo ou mais tarde, urbanizado. A sua intensa ocupação é, já agora, irreversível.”

Esta intensa ocupação com o adensamento previsto no PEU das Vargens - instrumento legal vigente para esta área - será significativo, ampliando a densidade populacional e podendo gerar impactos de ordem social, ambiental e econômica.

A área fruto deste trabalho, embora ainda parcialmente ocupada, já convive com diversos problemas de ordem urbana. Ocupações irregulares, desmatamento, poluição das águas, áreas com riscos de enchentes e inundações e riscos à saúde da população local.

A retificação dos rios e criação do grande Canal da Sernambetiba como forma de escoamento tradicional não foram suficientes para atender a ocupação atual, que convive com constantes enchentes e já apontam para os possíveis problemas futuros.

No capítulo 2 estudamos a possibilidade de algumas soluções não convencionais para a área, promovendo o acúmulo de águas em detrimento da canalização com escoamento rápido das soluções convencionais, que apresentam custos mais elevados e dificuldades de execução.

Os custos de implantação dos sistemas não convencionais são reduzidos, assim como os custos de manutenção e operação. Permitem ainda a criação de novas áreas de lazer e convívio com o verde, promovendo o bem estar social e minimizando os impactos urbanos.

A retenção de águas pode, além dos benefícios acima citados, constituir reservas de águas para rega e combate à incêndios.

A implantação dos sistemas não-convencionais exige a busca por áreas desocupadas, o que na maioria das vezes acaba por ser determinante na tomada de decisão, mas é altamente recomendada para áreas em expansão como a do presente trabalho.

A necessidade de desapropriações ou criação de áreas foi abordada no capítulo 4 e tem como base o estatuto das cidades para sua implementação, criando áreas de interesse ambiental para o bem estar comum.

O reservatório de retenção se mostrou primeiramente como uma boa solução para a drenagem local, onde se dispões ainda de grandes áreas não ocupadas que poderiam ser dispostas para a formalização desta lagoa. Assim foi feito todo o dimensionamento preliminar desta lagoa de forma que pudesse captar toda a vazão proveniente desta bacia hidrográfica.

A contribuição do maciço da Pedra Branca no deságue das águas é muito grande devido às suas inclinações e alturas e a formação do solo da área plana aliada com sua baixa altitude resulta num modelo de lagoa que exigiria uma urbanização de toda a área com uma grande quantidade de aterro, trazendo novos problemas para esta área e sua população, não se mostrando uma solução ambientalmente sustentável, resolvendo o problema de armazenamento, minimizando as enchentes, mas criando situações de desconforto e perigo para os atuais moradores próximos ao Canal de Sernambetiba que foram implantados em cotas baixas.

Desta forma voltamos à situação sugerida por TUCCI e GENZ (1995) que se aplica a bacias hidrográficas no primeiro estágio de urbanização, como na área em estudo, onde a retenção de águas acontece em pontos diversos, diminuindo a área da retenção única/central, facilitando a regulamentação do solo, desapropriações e os impactos nas populações já existentes.

A sugestão para minimizar os impactos, foi a criação de 06 (seis) Lagoas de retenção *- como estudada no item 4.7 – próximas ao pé do maciço, numa cota

de implantação alta, numa área já consolidada pela existência da Estrada dos Bandeirantes.

A implantação da Infraestrutura Verde, foi sugerido e analisado onde estas Lagoas seriam interligadas por canais renaturalizados com a criação de Parques Lineares, amortecendo ainda mais o escoamento antes das águas serem descarregadas no Canal de Sernambetiba e direcionadas para o oceano.

A criação de áreas de lazer no entorno das Lagoas assim como nas margens dos Parques Lineares minimizariam os impactos da nova ocupação interligando a flora e a fauna criando Corredores Verdes, trazendo benefícios de lazer e de convivência para a população local.

As soluções aqui propostas podem e devem ser avaliadas ao tempo, já que novas tecnologias e novos estudos são feitos a todo o momento, podendo sofrer melhorias, mas acima de tudo devem ser homologadas e implantadas visando sempre o bem estar das pessoas e a ocupação mais sustentável possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHERN, J. **Greenway as a planning strategy**. *Landscape and Urban Planning*, v. 33, p. 131-155, 1995.

ASCE. **Stormwater detention outlet control structures**. A report of the Task Committee on the Design of Outlet Control Structures of the Hydraulics Division of the American Society of Civil Engineers. New York, USA, 34 p., 1985.

Barbosa, V.M. de C. **Ocupação desordenada nas áreas urbanas, as políticas urbanas e o estatuto da cidade**, *NetSaber*, Artigos, 2011.

ABREU, M. de A. **Evolução Urbana do Rio de Janeiro**, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, SMU/IPLANRIO, 3a Edição, 1997.

BACIAS URBANAS. <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/baciaurb.htm>

BRASIL. **Estatuto da Cidade - guia para implementação pelos municípios e cidadãos**. Brasília: Instituto Pólis/ Caixa Econômica Federal, 2001

BRASIL, G. **História das Ruas do Rio de Janeiro** – Editora Lacerda. 1954.

BRAGA, B.P.F. **Gerenciamento urbano integrado em ambiente tropical**. Seminário: Hidráulica computacional aplicada a problemas de drenagem urbana. São Paulo São Paulo. 8p., 1994.

BUETTNER, M.G.V. **Sistema de captação e reaproveitamento das águas pluviais**. Curitiba, 94 p. Monografia de especialização em Gestão Técnica do Meio Urbano, Pontifícia Universidade Católica do Paraná Université de Technologie de Compiègne France. 1994.

CAMPANA, N. & TUCCI, C.E.M. **Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas**, RBE Caderno de Recursos Hídricos v. 12, n. 2, p. 79-94, Dez. 1994.

CANHOLI, A.P. **Soluções Estruturais não convencionais em drenagem urbana**. Tese (doutorado em engenharia) – Escola politécnica da USP – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1995.

CANHOLI, A.P. **O dimensionamento de soluções não convencionais em drenagem urbana**. Seminário: Hidráulica computacional aplicada a problemas de drenagem urbana. São Paulo São Paulo. 20p., 1994.

COROACY, V. **Memórias da Cidade do Rio de Janeiro** – Editora Itatiaia. 1955.

COSTA, L. **Plano Piloto para urbanização da baixada compreendida entre a Barra da Tijuca, o Pontal de Sernambetiba e Jacarepaguá**. Agência Jornalística Image, Rio de Janeiro, 1969.

DEBO, T.N.; REESE, A.J. **Municipal storm water management**. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers: CRC Press, Inc., 1995.

DELTA LAROUSSE, **Grande Enciclopédia**.

DOLZ, J.; GÓMEZ, M. **Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidraulico de las redes de colectores**. *Ingeniería del Agua, Valencia España*, vol. 1, n. 1, p. 55-66, 1994.

FENDRICH, R. **Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana**. Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor. Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental, Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

FRIEDRICH, D. **O Parque Linear como instrumento de Planejamento e Gestão das Áreas de Fundo de Vale Urbanas** - Programa de Pós Graduação em Planejamento Urbano e Regional – FAU – UFRGS. 2007.

GALENDER, F.C. **A Idéia de sistema de espaços livres públicos na ação de paisagistas pioneiros na América Latina**. In. Paisagens em Debate - Revista eletrônica da área Paisagem e Ambiente, FAU. USP - n. 03, nov. 2005.

GENZ, F.; TUCCI, C.E.M. **Controle do escoamento em um lote urbano**. Revista Brasileira de Engenharia Caderno de Recursos Hídricos, Associação Brasileira de Recursos Hídricos ABRH, Rio de Janeiro, Vol. 13, n. 1, p. 129-152, Jun. 1995.

GIORDANO, L. do C. **Análise de Um Conjunto de Procedimentos Metodológicos Para a Delimitação de Corredores Verdes (greenways) ao Longo de Cursos Fluviais**. Rio Claro, SP: [s.n.], 2004. 162p. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista.

GONÇALVES, A.L. **Texto no site da ACIBARRA**.

HOYT, W.G. **Artificial storage**. In: Oscar E. Meinzer. *Hydrology*. New York USA: Dower Publications Inc, Chap. XI: p. 572-578, 1942.

HOLZ, J.; TASSI, R. **Usando Estruturas de Drenagem não Convencionais em Grandes Áreas: O Caso do Loteamento Monte Bello** - XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo. 2007.

KLÜPPEL, N.I. Depoimento. **Memória da Curitiba urbana**. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba IPPUC, Curitiba, p. 27-38, maio 1990.

KUNDZEWICZ, Z.W. & TAKEUCHI, K. **Flood protection and management: quo vadimus?** *Hvdrol. Sci. J.* 44(3), 417 à 132, 1999.

LITTLE, C.E. **Greenways for America. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press**. 237p. 1990.

Lei complementar nº 72/2004. Disponível no site da câmara: http://spl.camara.rj.gov.br/spldocs/plc/2004/plc0072_2004_004146.pdf

Lei complementar nº 79/2006. Disponível no site da câmara: <http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/contlei.nsf/f25edae7e64db53b032564fe005262ef/1a86d7b50920a3ce032577220075c7d8?OpenDocument>

MACEDO, J.M. de. **Um Passeio pela Cidade do Rio de Janeiro** – Domínio Público. 1862.

MARIN, M.C.F.C. et al. **Planejamento do sistema de drenagem urbana: Concepção ideal versus prática do poder público.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XIII, Belo Horizonte, Anais ABRH CD-Rom, p 1-20, 1999.

MATIAS, M.G.B. **Bacias de Retenção - Estudo de Métodos de Dimensionamento** – Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, especialidade de Vias de Comunicação. 2006.

NASCIMENTO, E.A. do; QUELHAS, O.L.G. e FONSECA, P.L. da. **Qualidade do Meio Ambiente Urbano: Medidas para o Controle do Escoamento Superficial na Cidade do Rio de Janeiro, Brasil.** *Ciência & Engenharia*, v. 16, n. 1/2, p. 81 - 87, jan.,- dez. 2007.

NASCIMENTO, N.O., BAPTISTA, M.B., VON SPERLING, E. **Problemas de Inserção Ambiental de Bacias de Detenção em Meio Urbano**, In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, Anais Eletrônicos, 1999.

NEVES, M.G.F.P. das; MERTEN, G.H. **Deposição de Sedimentos na Bacia de Retenção do Parque Marinha do Brasil em Porto Alegre**, RS. 2005.

PARENTE, J.I. **Guia Amoroso do Rio.** Interior Produções – 2001.

PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO - **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo** – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – artigo 107 do Plano Diretor Estratégico (PDE - lei nº 13430/02) – 2002.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, **Código de obras do Município – decreto 3.046/1981**, Rio de Janeiro: Ed. Auriverde, 10ª edição.

PROJETO DE ESTRUTURAÇÃO URBANA DAS VARGENS. **Lei Complementar nº 104 de 27 de novembro de 2009.** Disponível no site da Secretaria Municipal de Urbanismo da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro: <http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil/Arquivos/PDF/LC104M.PDF>

RELATÓRIO ELABORADO PELO NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE MEIO AMBIENTE DA PUC-RIO – a partir da representação de diversos Vereadores ao Ministério Público em nov/2009 para análise da Lei Complementar 104/09;

REZENDE, V.F.; LEITÃO, G. **Plano Piloto para a Barra da Tijuca e Baixada de Jacarepaguá, a Avaliação dos Ideais Modernistas Após Três Décadas.** Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos.

SECRETARIA DE OBRAS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO - RIO ÁGUAS - **Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana** – (1ª Versão Dezembro de 2010).

TOMAS, P. **Curso de Manejo de águas Pluviais - Capítulo 62 - Reservatório de retenção.** Disponível no site: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo62_reservatorio.pdf. 2009.

TORRES, M.A. **Estatuto da Cidade: sua interface no meio ambiente.** *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, n. 45, ano 12, p. 196-212, jan./mar. 2007.

TSUCHIYA, A. **Evaluation of on-site stormwater detention methods in urbanized area.** In: P. R. Helliwell (Editor). *Urban storm drainage*, London England: Centech Press, p. 470-478, 1978.

UNESCO. **Manual on drainage in urbanized areas.** Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Vol. II: Data collection and analysis for drainage design, Chap. 4, p. 59-72, 1987.

WISNER, P.E.; CHEUNG, P.W. **Parks against storms.** In: YEN, Ben Chie. *Urban stormwater quality, management and planning.* Proceedings of the Second International Conference on Urban Storm Drainage, Illinois USA, p. 322-330, 1982.

http://portalgeo.rio.rj.gov.br/armazenzinho/web/BairrosCariocas/index2_bairro.htm

<http://lftc.civil.uminho.pt/>

Elementos pedagógicos/construções e processos I/escavações