

RESERVATÓRIOS DE ÁGUAS PLUVIAIS COMO AUXÍLIO DA DRENAGEM URBANA NA CIDADE DO RECIFE

RAINWATER RESERVOIRS AS AN AID FOR URBAN DRAINAGE IN THE RECIFE CITY

Autor: Alexandre Bernardo dos Santos

abds2@discente.ifpe.edu.br

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva

ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

À medida que os grandes centros crescem e se desenvolvem, aumentam de população, trazendo consigo uma série de problemas a serem resolvidos, entre eles, uma brusca redução das áreas de solo natural, devido ao aumento considerável das áreas impermeabilizadas. Diante desta realidade, faz-se necessária a criação e incentivo de práticas sustentáveis que utilize fontes alternativas de captação de água, e, ao mesmo tempo, reduza a quantidade de águas pluviais, que escoam cada vez mais rápido, e com um volume cada vez maior, para o sistema de drenagem urbana, provocando enchentes, alagamentos, erosão do solo, entre outros problemas. O objetivo desse trabalho foi levantar os reservatórios de águas pluviais como auxílio da drenagem urbana, implantados na cidade do Recife após a promulgação da lei 18.112/2015. De posse de dados, fórmulas e modelos disponibilizados pela EMLURB (Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana), foram realizadas visitas “in loco”, a fim de se verificar, na prática, a execução, o funcionamento, as vantagens e dificuldades da implantação dos reservatórios de águas pluviais, por meio de entrevistas com engenheiros e técnicos de obras responsáveis pela construção dos reservatórios. Tomando por base as contagens e medições realizadas, chegou-se a um total de 387 reservatórios de águas pluviais construídos na cidade do Recife, o que corresponde a um total de 14.872m³ de capacidade de acúmulo desses tanques, desde a promulgação da lei. Tudo isso, graças à conscientização e o bom senso por parte, tanto dos responsáveis por fazer a lei ser cumprida, como também por aqueles que a cumpre, visto que todos são unânimes em pensamento, quando se trata das vantagens que a construção e utilização desses reservatórios trazem para a cidade do Recife.

Palavras-chave: Águas pluviais; drenagem urbana; enchentes; reservatórios.

ABSTRACT

As the large centers grow and develop, the population increases, bringing with it a series of problems to be solved, among them, the non-use of rainwater and a sudden reduction of areas of natural soil, due to the considerable increase in areas waterproofed. Faced with this reality, it is necessary to create and encourage sustainable practices that use alternative sources of water capture, and at the same time reduce the amount of rainwater, which drains faster and with an increasing volume, to the urban drainage system, causing flooding, waterlogs, soil erosion, among other problems. The objective of this work was to survey the rainwater reservoirs as an aid to urban drainage, installed in the Recife city after the enactment of law 18.112/2015. With data, formulas and models made available by EMLURB (Urban Maintenance and Cleaning Company), "in loco" visits were carried out in order to verify, in practice, the execution, operation, advantages and difficulties of implementing the rainwater reservoirs, through interviews with engineers and construction technicians responsible for the construction of the reservoirs. Based on the counts and measurements carried out, a total of 387 rainwater reservoirs built in the city of Recife were reached, which corresponds to a total of 14,872m³ of accumulation capacity of these tanks, since the enactment of the law. All this, thanks to awareness and common sense on the part of those responsible for enforcing the law, as well as those who comply with it, since all are unanimous in their thoughts when it comes to the advantages that the construction and use of these reservoirs bring to the Recife city.

Keywords: Rainwater; urban drainage; flooding; reservoirs.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o grande desafio para a indústria da construção civil, tem sido o de construir edificações e outras estruturas com melhor qualidade, barateando os custos e poupando os recursos naturais, minimizando assim, os impactos ambientais. Sendo assim, faz-se cada vez mais necessária a busca por soluções que possam garantir a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade ambiental das edificações.

O atual modelo de urbanização apresentado na maioria das cidades brasileiras tem se mostrado desordenado e inadequado, principalmente com relação aos sistemas de drenagem, que não impedem as enchentes. Ao longo dos anos as superfícies dos solos vão se tornando impermeáveis, uma vez que há substituição de residências por edifícios e as ruas são asfaltadas, impedindo que as águas das chuvas infiltrem no solo natural. Isso aumenta o fluxo e velocidade da água no sistema de drenagem e a deposição de sedimentos oriundos da lavagem do solo.

Diante desse cenário, visando mitigar os problemas, as grandes cidades buscam por soluções alternativas, criando leis que incentivam ou determinam a captação e retenção das águas pluviais para minimizar os impactos das chuvas mais intensas, como reservatórios de detenção, barragens, desvios de cursos d'água, entre outras.

São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Canoas, Goiânia, Guarulhos, Salvador, Santos, João Pessoa, são exemplos de meios urbanos que buscam soluções para reduzir os impactos ambientais causados pelas fortes chuvas, adotando leis de compensação ambiental em construções urbanas, normas de incentivos fiscais, além de promover o uso de telhados verdes por meio de certificações e selos de sustentabilidade. Ou seja, além das intervenções físicas, essas grandes metrópoles vêm apresentando políticas públicas que envolvam os cidadãos para complementar o controle das enchentes urbanas.

No grande Recife, o sistema de drenagem, que antes havia sido projetado para uma determinada condição de uso e ocupação do solo, passou a ficar subdimensionado, causando problemas de diversas proporções, como alagamentos, transtornos no trânsito, inundações, transmissão de doenças, dentre outros. E, vale ressaltar que o custo de um possível redimensionamento de todo o sistema de drenagem seria economicamente inviável, atualmente.

Logo, visando o investimento em ações sustentáveis e uma conscientização cada vez maior do setor construtivo, a Prefeitura da cidade do Recife, em 13 de Janeiro de 2015, sancionou a lei municipal Nº 18.112/2015, que, entre outras providências, determina que em lotes com área superior a 500m² (quinhentos metros quadrados), edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 25% (vinte e cinco por cento) da área total do lote, deverão ser executados reservatórios de águas pluviais como condição para aprovação de projetos iniciais.

As vantagens dessa lei são tanto econômicas, como socioambientais, pois o alívio do sistema de drenagem pública contribui diretamente para a redução das enchentes, atenuando os impactos ambientais, facilitando a mobilidade urbana, além de preservar parte dos recursos naturais e melhorar a qualidade de vida do cidadão.

O objetivo desse trabalho foi levantar os reservatórios de águas pluviais como auxílio da drenagem urbana, implantados na cidade do Recife após a promulgação da lei 18.112/2015.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Marco Legal da Gestão de Águas Pluviais

Em 1934, foi instituído o Código das Águas pela Lei Nº 24.643, que torna as águas brasileiras águas públicas, que podem ser de usos comuns ou dominicais.

Ressaltando o Título V do Código das Águas que discorre sobre águas pluviais, e seu uso:

“Art. 103. As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas a vontade, salvo existindo direito em sentido contrário.

Art. 104. Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas as regras ditadas para as águas comuns e para as águas públicas.

Art. 107. São de domínio público de uso comum as águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos de uso comum.

Art. 108. A todos é lícito apanhar estas águas. (BRASIL, 1934)”

Atualmente já existem no Brasil normas que se referem especificamente ao aproveitamento de água pluvial. São elas:

- ABNT NBR 10844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais – Esta norma fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. Esta norma se aplica a drenagem de águas pluviais em coberturas e demais áreas associadas ao edifício, tais como terraços, pátios, quintais e similares. Esta norma não se aplica a casos onde as vazões de projetos e as características da área exijam a utilização de bocas-de-lobo e galerias.
- ABNT NBR 15527/2007 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Esta norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Esta Norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após o tratamento adequado como por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais, de acordo com padrões de qualidade de águas para estes fins.

Em 2017, foi publicada no Diário Oficial da União a Lei Nº 13.501/2017, que inclui à Política Nacional de Recursos Hídricos o objetivo de “incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais”.

No estado de Pernambuco existe a Lei Nº 14.572/2011 que estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações e dá outras providências. De acordo com o seu Artigo 3º, ficam isentos das regras previstas na mesma:

- I - Os projetos de edificações e de reformas de imóveis residenciais e não residenciais inferiores a 70 m² (setenta metros quadrados);
- II - Os projetos de edificações e de reformas já aprovados até a data de entrada em vigor desta Lei. (Pernambuco, 2011)

A Lei Nº 14.572 (Pernambuco, 2011) no seu Art. 6º define que:

A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água potável proveniente do Serviço de Abastecimento Público de Água. (Pernambuco, 2011)

Ainda, de acordo com a Lei Estadual Nº 14.572 (Pernambuco, 2011) as águas de chuva captadas podem ser utilizadas em muitas atividades domésticas para fins não potáveis, como: lavagem de pisos e calçadas, rega de plantas, descarga de vasos sanitários, combate a incêndios etc.

Em função da grande área de impermeabilização ocorrida no solo do Recife nas últimas décadas, o sistema de drenagem da cidade tem ficado deficiente por conta do grande volume de água que é direcionado de forma superficial para as galerias de águas pluviais, causando alagamentos e fortes transtornos à população, sejam transeuntes, ou mesmo condutores de veículos.

Além disso, o sistema público de drenagem das águas pluviais do Recife está contaminado e defasado, visto que a rede pluvial está ultrapassada e muitas edificações a utilizam como rede de esgoto, para condução de seus efluentes.

Por isso, mesmo com a criação da Lei Nº 14.572/2011, em dias de fortes chuvas, tanto a cidade do Recife, como também algumas cidades adjacentes, ficam praticamente paradas em função dos transtornos no trânsito, o qual tem dificuldade de fluir, já que as ruas se encontram total ou parcialmente alagadas, o que impede que os veículos possam trafegar de forma natural.

Sendo assim se fez necessária uma solução que reduza ou retarde a vazão de água que escoar para o sistema pluvial.

A Lei Municipal Nº 18.112/2015, Conhecida também como “lei do telhado verde”, determina em seu Artigo 3º:

A obrigatoriedade da instalação de reservatórios de águas pluviais, em lotes com área superior a 500m² (quinhentos metros quadrados), edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 25% (vinte e cinco por cento) da área total do lote, como condição para aprovação de projetos iniciais.

Os reservatórios poderão ser de acúmulo, de retardo ou misto, visto que a lei deixa a escolha entre os três tipos de reservatórios a cargo de quem for construir, desde que sejam construídos na área de solo natural, correspondendo em até 10% desta área, e que seja feito plantio de vegetação sobre estes, conforme previsto.

Conforme o 3º parágrafo, do Artigo 3º, da referida lei, ficam dispensados da construção dos reservatórios nos lotes em que as águas pluviais não impactam o sistema público de drenagem, desde que comprovado através dos ensaios de infiltração e de percussão geotécnica com profundidade não inferior a 8m (oito metros) e acompanhado de laudo de vistoria técnica do órgão competente da Prefeitura do Recife.

2.1.1 Reservatórios de Acumulação

Destinados ao acúmulo de águas pluviais, para reaproveitamento com fins não potáveis, com captação exclusiva dos telhados, esses reservatórios deverão atender às seguintes condições:

- Ser resistentes a esforços mecânicos, possuir revestimento impermeável e manter a qualidade da água acumulada;
- Permitir fácil acesso para manutenção, inspeção e limpeza, com dimensões que permitam a inscrição de um círculo com diâmetro mínimo de 0,60m;
- Possibilitar esgotamento total;
- Ser protegido contra a ação de inundações, infiltrações e penetração de corpos estranhos, ter vedação adequada de modo a manter sua perfeita higienização, e estar localizado a uma distância mínima de 5,00m da rede de esgoto e/ou fossa;
- Ser dotado de extravasor que possibilite o deságue dos excedentes hídricos.

2.1.2 Reservatórios de Retardo

Destinados ao acúmulo de águas pluviais para posterior descarga na rede pública, para este tipo de tanque as águas pluviais devem ser captadas de telhados, coberturas, terraços, estacionamentos, pátios, entre outros. Eles devem atender às seguintes condições:

- Ser resistente a esforços mecânicos;
- Permitir fácil acesso para manutenção, inspeção e limpeza, com dimensões que permitam a inscrição de um círculo com diâmetro mínimo de 0,60m;
- Ser dotado de orifício de descarga;
- A descarga da água poderá ser feita por infiltração no solo ou despejada por gravidade ou através de bombeamento na rede de drenagem pública, desde que sejam mantidas as condições de controle da vazão do volume calculado/hora.

O reservatório de retardo possui o fundo vazado facilitando a recarga do lençol freático, ampliando o tempo de detenção da água da chuva. Essa abertura na parte inferior dos reservatórios também permite que a água acumulada se infiltre no solo entre uma chuva e outra.

Os reservatórios de águas pluviais de uso misto devem atender às características dos tanques de acúmulo e de retardo, simultaneamente.

Ainda sobre os reservatórios de águas pluviais, a Lei 18112/2015, determina o seguinte:

Art. 7º: Para as obras sujeitas a licenciamento ambiental, o proprietário do imóvel ou empreendedor deverá apresentar, além das plantas de locação, de coberta e pisos, o projeto do Reservatório de Acúmulo e/ou de Retardo em plantas e cortes, indicando a sua localização no terreno, o detalhamento geométrico, o cálculo do volume e, ainda, no caso de Reservatório de Retardo, apresentar, também, o dimensionamento do orifício de descarga.

Art. 8º: Os projetos dos reservatórios, para empreendimentos classificados como Empreendimentos de Impacto, deverão ser também submetidos à análise da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB, que, caso os considere tecnicamente viáveis, emitirá a carta de anuência, bem como contribuirá na vistoria realizada pelo órgão municipal competente no momento do "habite-se" para verificar sua correta execução.

Art. 9º: Fica sob a responsabilidade do proprietário do imóvel a manutenção e limpeza periódica do Reservatório de Acumulação, Misto ou Retardo, que deverão atender as normas sanitárias vigentes.

Todas as exigências da Lei 18112/2015 se aplicam aos projetos protocolados nas Regionais a partir de 13/01/2015, data da sua publicação no Diário Oficial do Estado, observando-se o disposto na Ementa da Instrução de Serviço nº 001/15, de 17 de julho de 2015, a qual institui procedimentos para aplicabilidade da referida Lei.

2.2 Vantagens na implantação dos reservatórios de águas pluviais

Segundo Canholi (2014), a finalidade dessa solução é reduzir o pico das enchentes, por meio do amortecimento de parte do volume escoado. A disposição local do tanque de reservação das águas precipitadas é tipicamente voltada ao controle em lotes residenciais e vias de circulação. O objetivo é reduzir os picos das vazões veiculadas para a rede de drenagem.

Segundo o mesmo autor, adotar um sistema de aproveitamento de águas pluviais pode trazer inúmeros benefícios econômicos, sociais e ambientais, e suas desvantagens, geralmente, são sobre o investimento inicial que pode ser recuperado com tempo.

Através da implantação desses reservatórios, é possível, no mesmo instante em que ocorrem as chuvas, reduzir a velocidade do escoamento das águas pluviais, controlando a ocorrência de inundações e também amortecendo e diminuindo os problemas oriundos dos picos de vazão. Desse modo, é facilitado o funcionamento do sistema e não há necessidade de grandes obras para impedir as inundações e alagamentos (Kobiyama, 2014).

Os mesmos autores relatam que dentre as desvantagens apontadas, uma em especial tende a deixar de ser considerada com o passar dos anos, que é o alto custo inicial para o investimento, dependendo da tecnologia empregada. Este custo tende a diminuir pelo aumento da produção dos equipamentos específicos, como os filtros e demais acessórios, pela concorrência dos fabricantes e pelo surgimento de tecnologias mais simples. Também o gasto com energia elétrica pode não ocorrer, se a topografia do terreno permitir e se na concepção do sistema se buscar desenvolver o sistema de modo a funcionar no todo ou em parte por gravidade.

2.3 Topografia e clima do Recife

Surgindo inicialmente como “Ribeira de Mar dos Arrecifes dos Navios” no ano de 1537, O Recife é uma cidade litorânea, fortemente urbanizada e foi estabelecida numa região de estuários formada principalmente pelos rios: Capibaribe, Beberibe e Tejipió, completado por partes das bacias hidrográficas dos rios Paratibe e Jaboatão. Estas áreas são zonas de planície costeira com alta probabilidade de sofrer inundações com a elevação do nível do mar (Silva, 2016).

Segundo o mesmo autor as baixas cotas de Recife em relação ao nível do mar, áreas planas, lençol freático próximo à superfície na estação chuvosa, influência dos níveis das marés, são características naturais que dificultam a drenagem das águas pluviais na cidade. O sistema de drenagem do Recife também é prejudicado devido à canalização dos riachos urbanos e às ocupações irregulares de suas margens, alta taxa de impermeabilização do solo, destino inadequado dos resíduos sólidos e a sua localização geográfica torna o sistema de drenagem altamente vulnerável às oscilações de maré, podendo provocar sérios problemas de alagamentos em épocas chuvosas combinados com eventos de maré alta. Com este cenário, atualmente, a cidade possui 159 pontos de alagamentos catalogados como os mais críticos.

A Cidade apresenta um clima tropical marítimo e é caracterizado por um regime chuvoso, chove o ano todo. As chuvas são mais frequentes e numerosas nos entre os meses de Março e Agosto. A temperatura média anual da cidade é de 25.7 °C e a precipitação anual neste local é de aproximadamente 988mm (CLIMATE-DATA.ORG RECIFE, 2021).

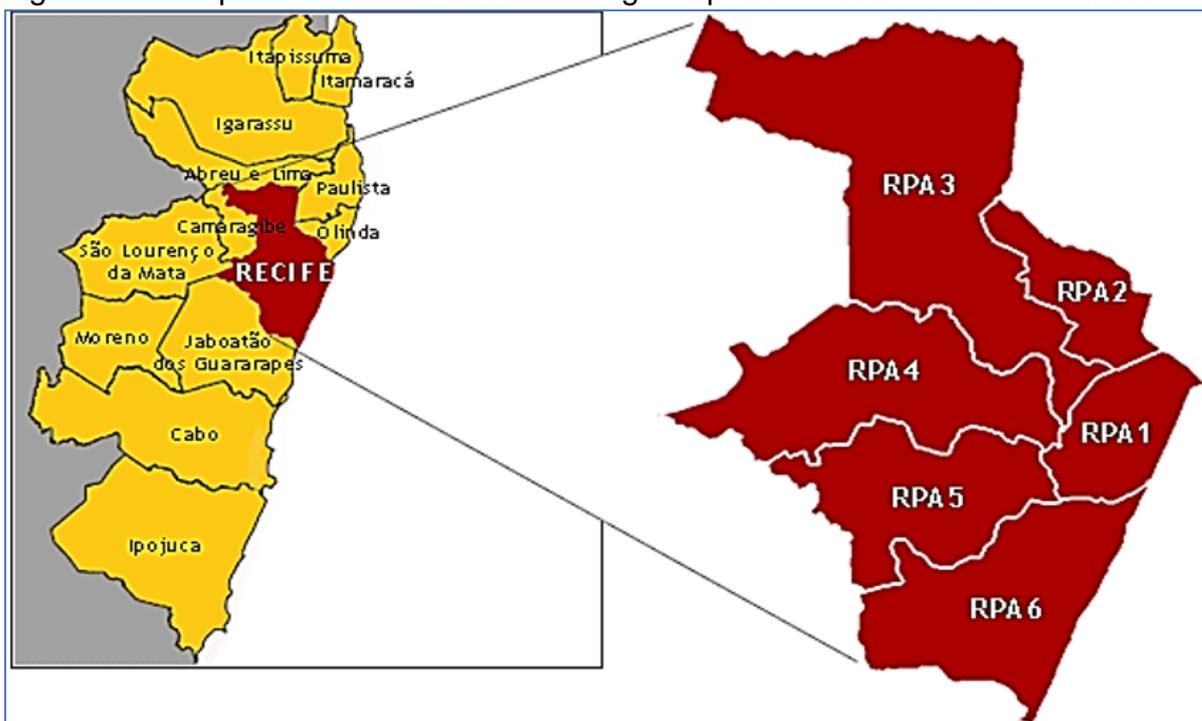
3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado, considerando a implantação do projeto no município do Recife (figura 1), capital do Estado de Pernambuco, que é a mais antiga entre as capitais estaduais brasileiras.

O município de Recife está localizado na Região Nordeste do Brasil, latitude: 08° 03' 14" sul, longitude: 34° 52' 52" oeste, altitude de 4m (quatro metros) e possui uma área de 218 km² (duzentos e dezoito quilômetros quadrados) sendo composta por 94 (noventa e quatro) bairros, divididos em 06 Regiões Político-Administrativas – RPA's, cerca de 1.488.920 habitantes (um milhão quatrocentos e oitenta e oito mil e novecentos e vinte habitantes) e densidade demográfica aproximada de 6.803 habitantes/km² (seis mil oitocentos e três habitantes por quilômetro quadrado) (IBGE, 2022).

Figura 01 – Mapa do Recife dividido em Regiões político-administrativas – RPA's



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Localizacao-da-RMR-Recife-e-RPAs-Fonte-La-historia-con-mapas_fig1_313317336

3.2 Descrição dos Métodos

Inicialmente foi feito um criterioso levantamento bibliográfico e documental, consultando livros especializados, artigos publicados em revistas científicas, leis e dissertações sobre o tema. Em seguida, foram realizadas visitas à EMLURB, para consulta de documentos, levantamento dos modelos de referência dos reservatórios e suas devidas aplicabilidades, e entrevistas com técnicos e engenheiros especialistas em drenagem e manejo de águas pluviais, da referida autarquia.

Posteriormente, foram realizadas visitas a algumas edificações, como condomínios residenciais e empreendimentos comerciais, a fim de se observar exemplos de obras que atenderam às legislações locais, no que diz respeito ao processo de melhoria da qualidade ambiental diante da obrigatoriedade de construção de tanques de retenção de águas pluviais.

3.2.1 Levantamento do quantitativo de edificações que dispõe de reservatórios de água pluviais

Para levantamento do quantitativo de edificações que implantaram os reservatórios de águas pluviais em Recife foi realizada uma entrevista com o técnico responsável pelas anuências dos projetos de edificação da cidade do Recife e também coordenador do Plano Diretor de Drenagem Urbana da EMLURB (Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana), no dia 05 de setembro de 2023.

No dia 16 de outubro de 2023 foi realizada a análise documental das anuências para contagem dos reservatórios de águas pluviais da cidade do Recife. A entrevista e análise documental tiveram como finalidade levantar dados a respeito dos reservatórios implantados de acordo com a lei, ou seja, após sua vigência, também foram analisadas as características dos reservatórios, dimensões, volume em metros cúbicos, implementação e suas destinações.

Os dados obtidos referentes ao quantitativo, tipos e dimensões dos reservatórios, foram lançados em uma planilha, gerando uma listagem completa com os dados tabulados dos reservatórios (Tabela 1), e logo em seguida, foram criados gráficos ilustrativos, utilizando o EXCEL 2010.

3.2.2 Mapeamento dos locais de implantação dos reservatórios de águas pluviais

Para mapeamento dos reservatórios de águas pluviais implantados na cidade do Recife, foi realizada uma análise documental e acessado o banco de dados tabelados em planilhas, contendo os endereços de todos os reservatórios. Esses dados foram lançados no QGIS Desktop 2.8.7, um software de geoprocessamento, baseando-se na localização dos reservatórios construídos, desde a vigência da lei, em 2015, até o dia 15 de outubro de 2023 (figura 12).

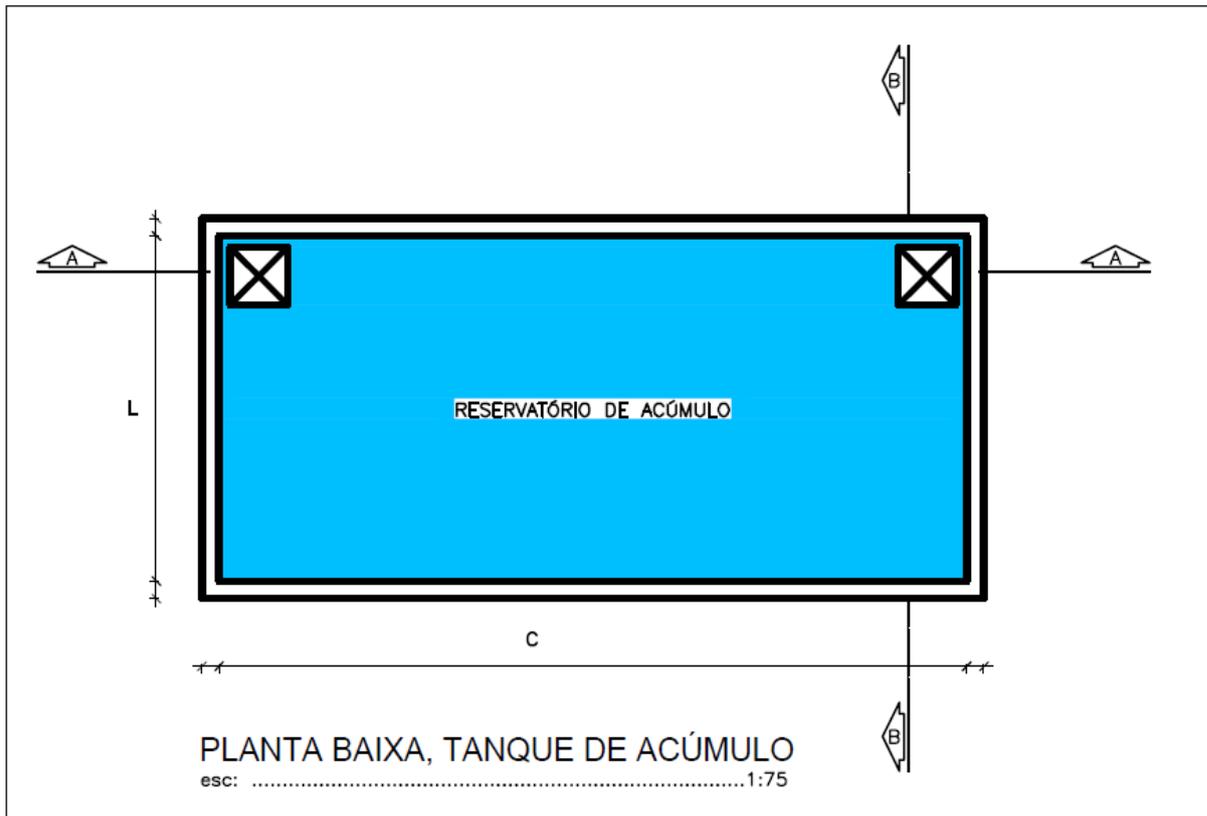
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Modelos de referência

A EMLURB tem definidos os modelos de referência que serviram para nortear construtores e proprietários dos lotes, quanto à execução dos reservatórios. Vale ressaltar que os tanques podem diferir dos modelos de referência, desde que tenha a devida anuência da referida Autarquia.

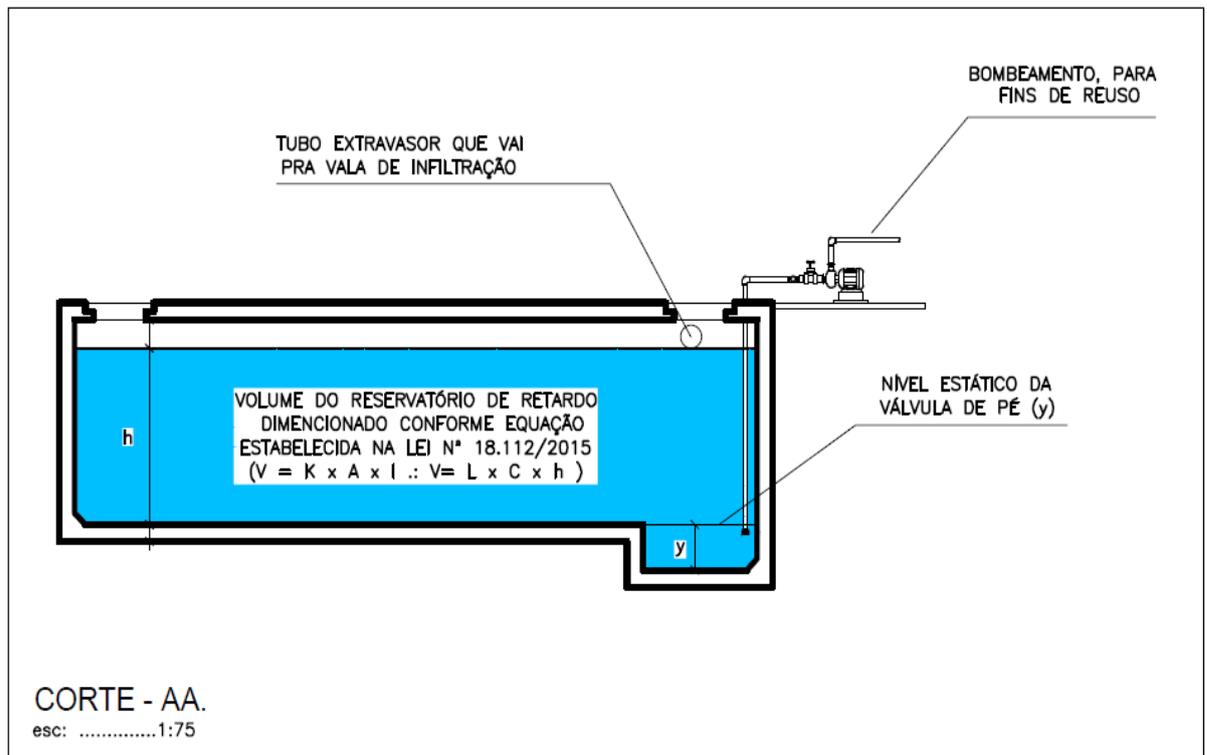
4.1.1 Tanque de Acúmulo

Figura 2 - PLANTA BAIXA



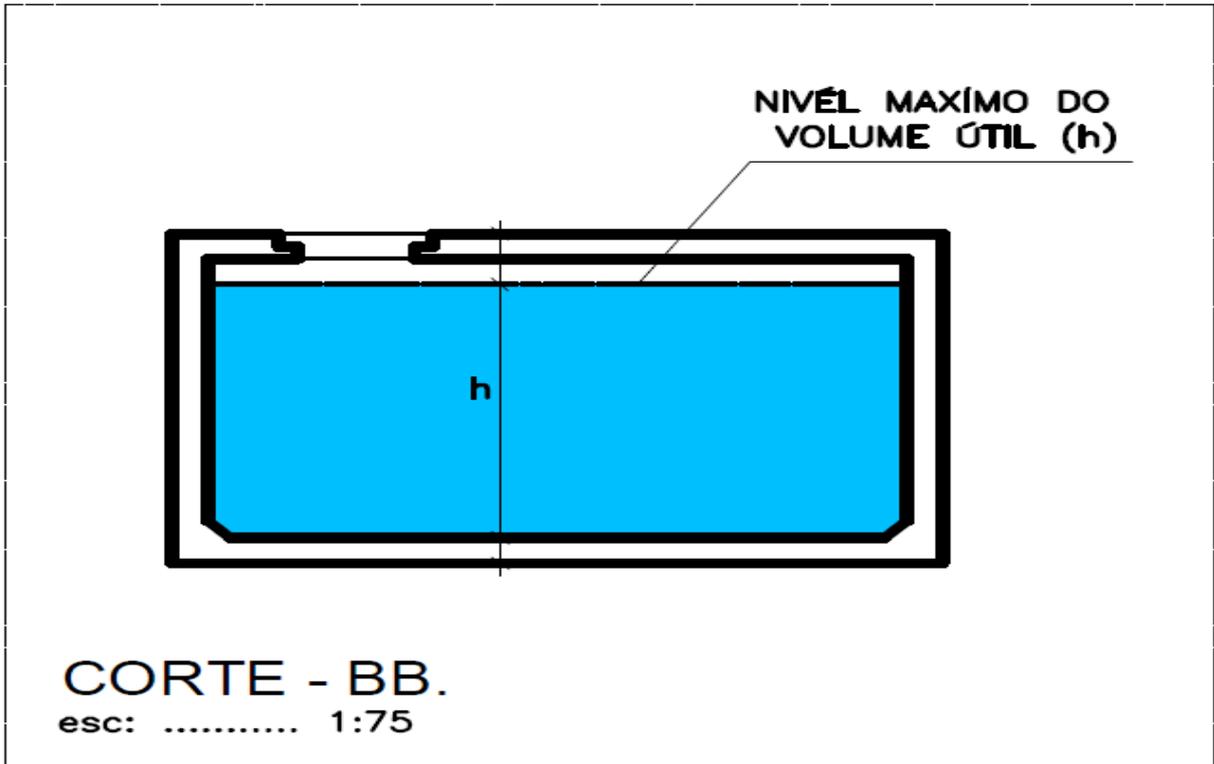
fonte: EMLURB (2023)

Figura 3 - CORTE – AA



fonte: EMLURB (2023)

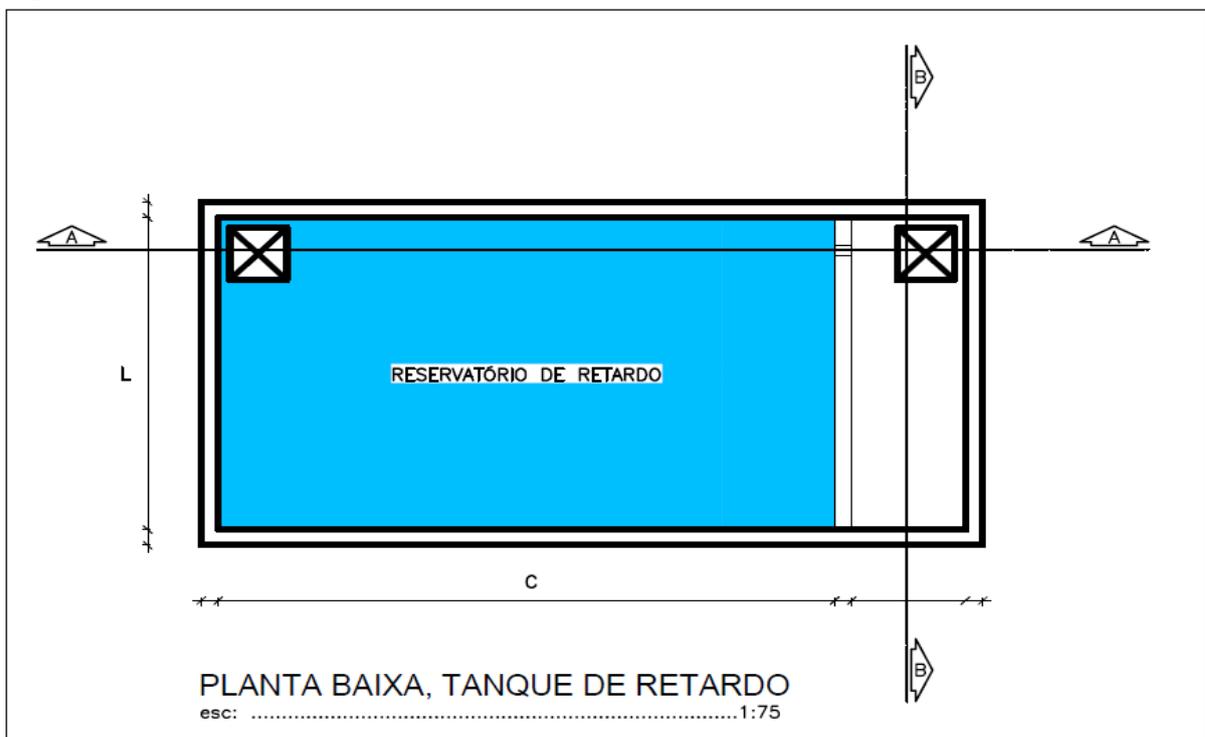
Figura 4 - CORTE – BB



fonte: EMLURB (2023)

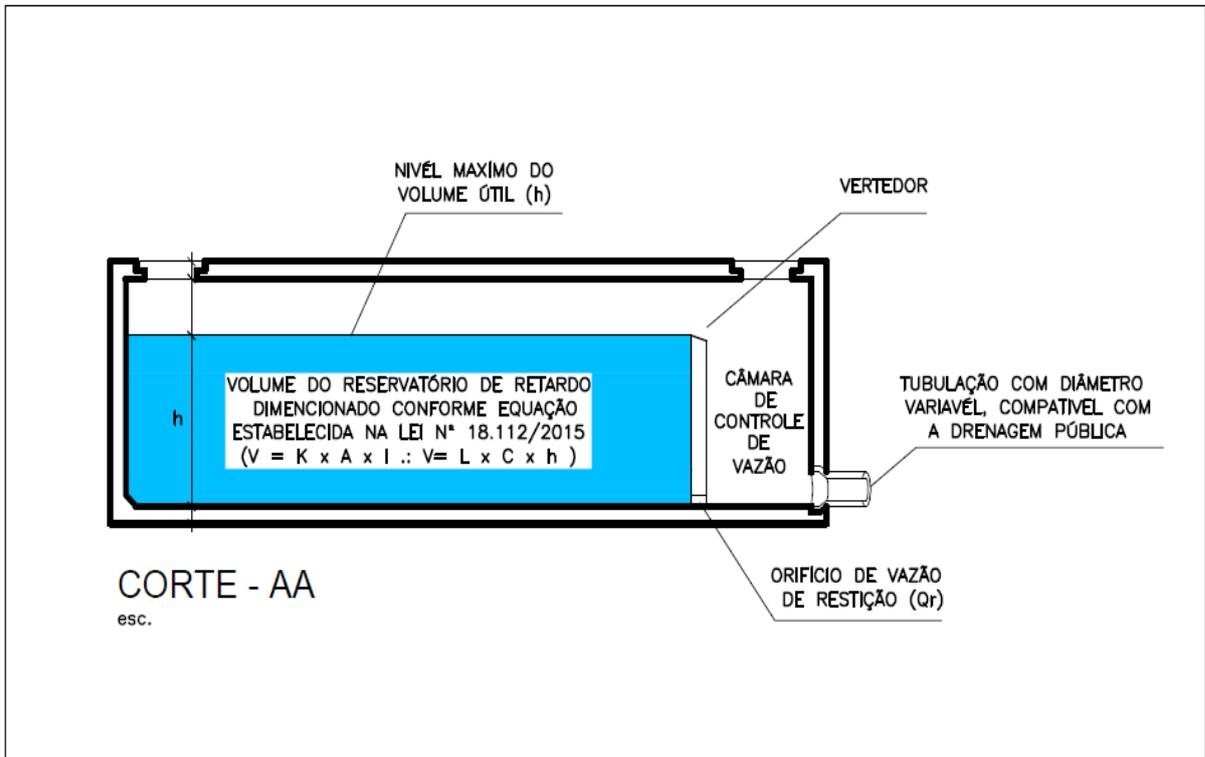
4.1.2 Tanque de Retardo, com esvaziamento por gravidade.

Figura 5 - PLANTA BAIXA



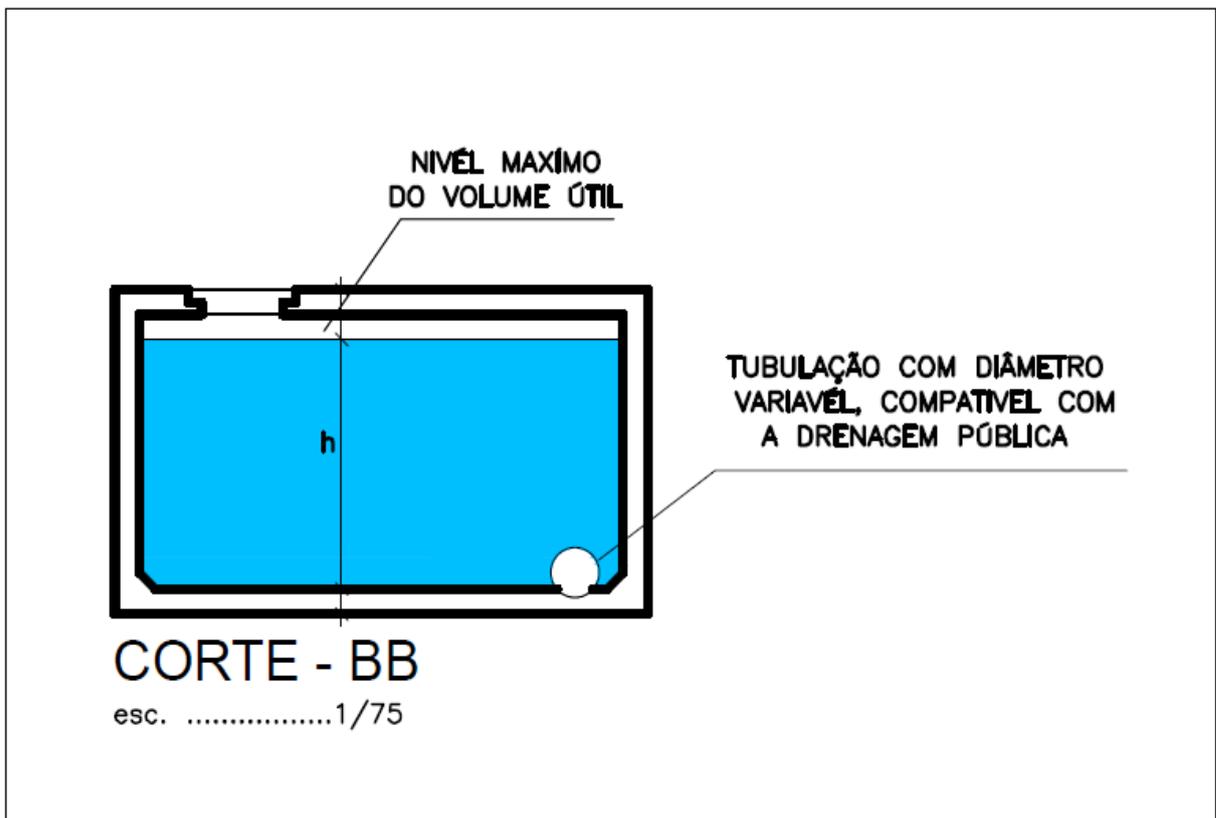
fonte: EMLURB (2023)

Figura 6 - CORTE – AA



fonte: EMLURB (2023)

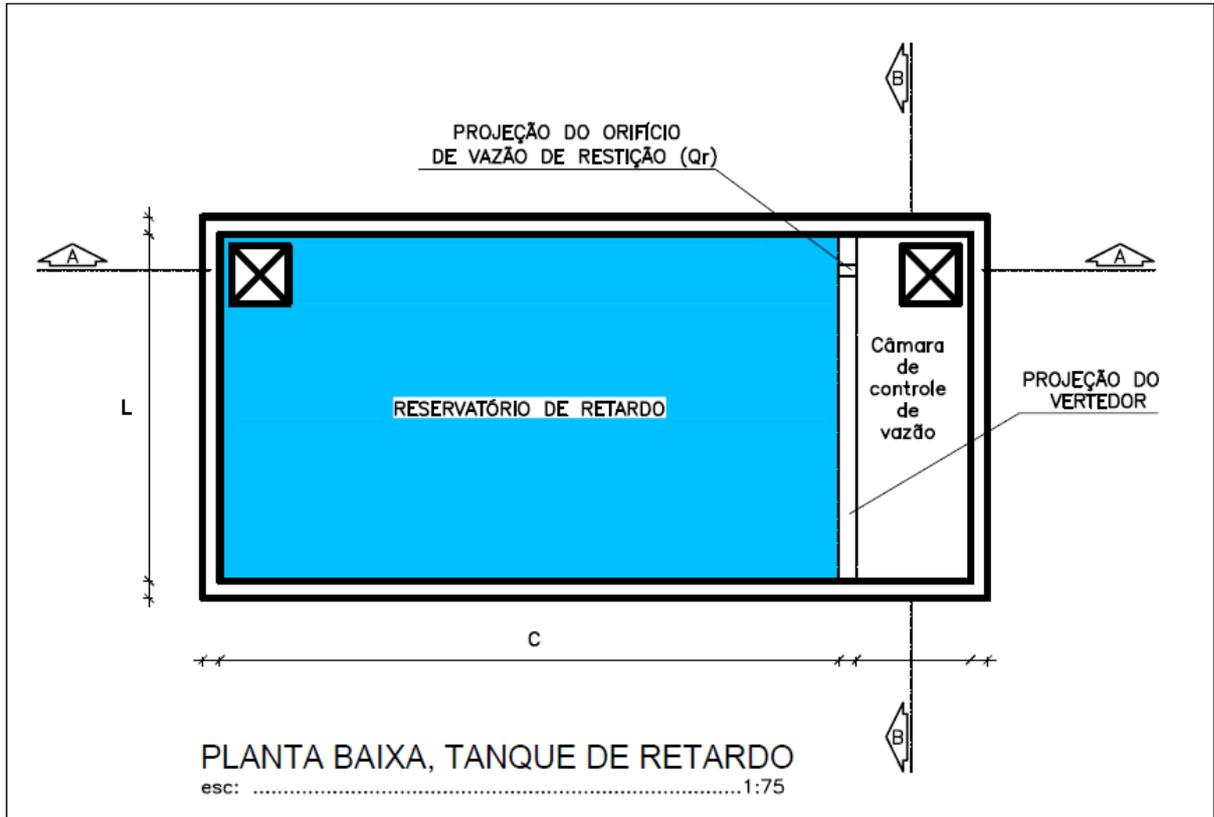
Figura 7 - CORTE – BB



fonte: EMLURB (2023)

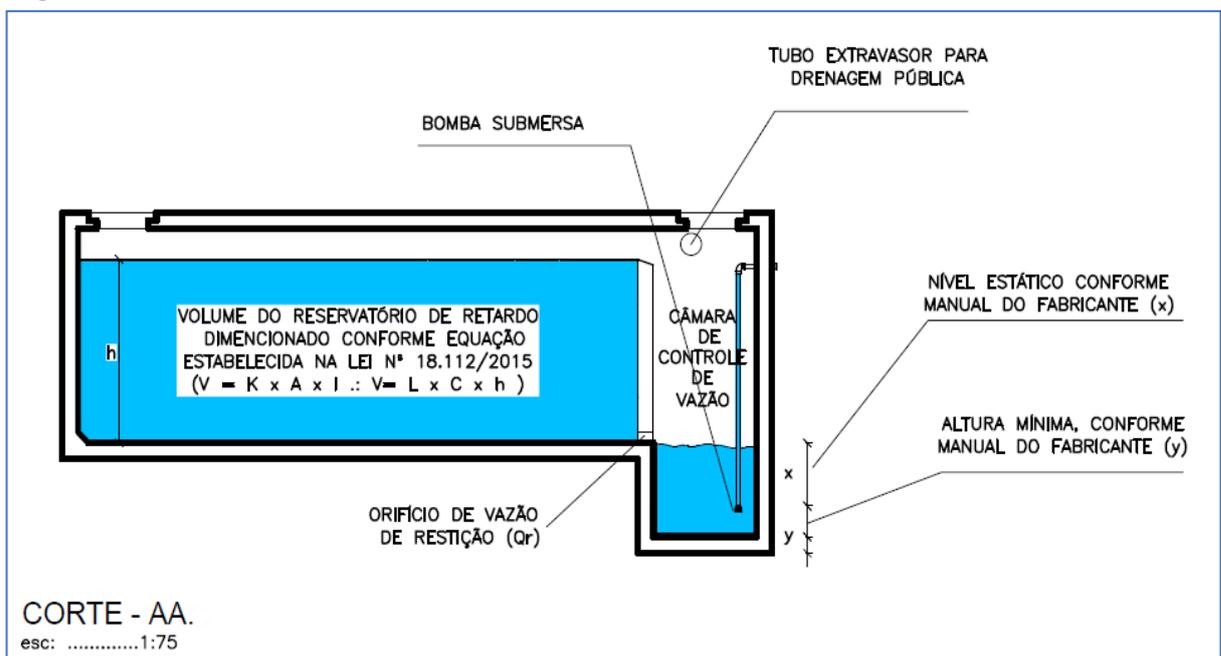
4.1.3 Tanque de Retardo, para esvaziamento forçado por bomba

Figura 8 - PLANTA BAIXA



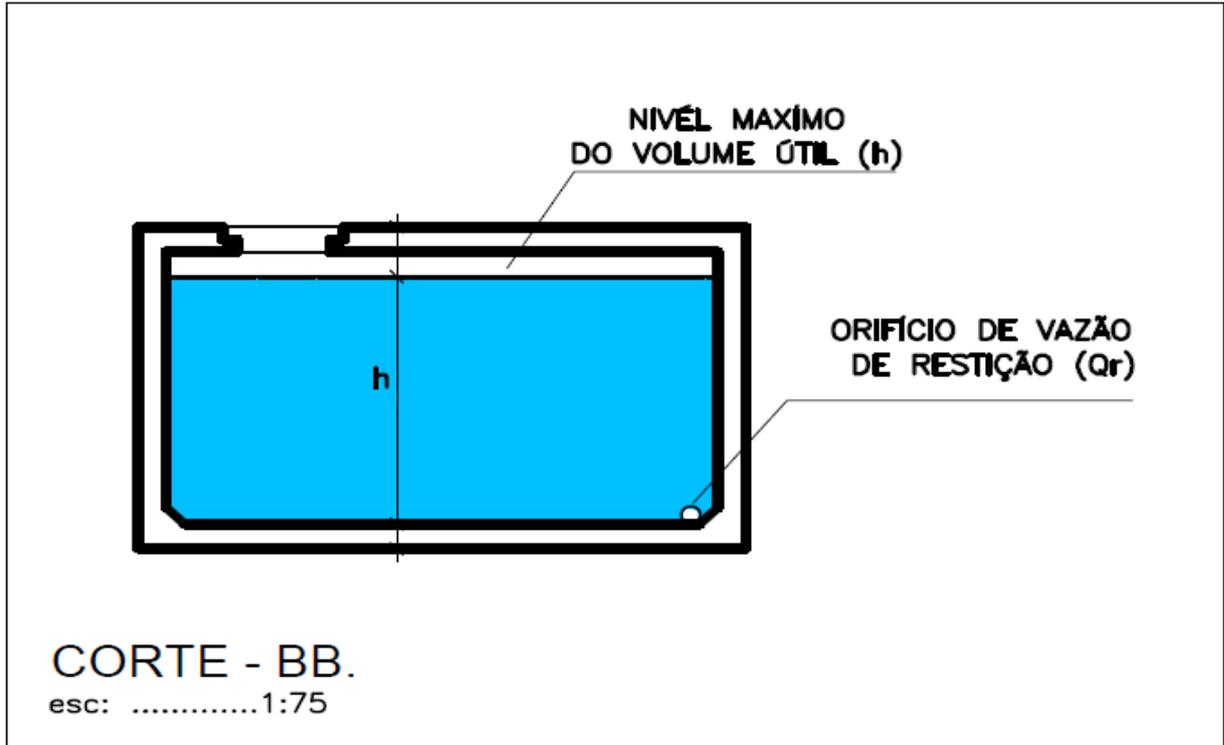
fonte: EMLURB (2023)

Figura 9 - CORTE – AA



fonte: EMLURB (2023)

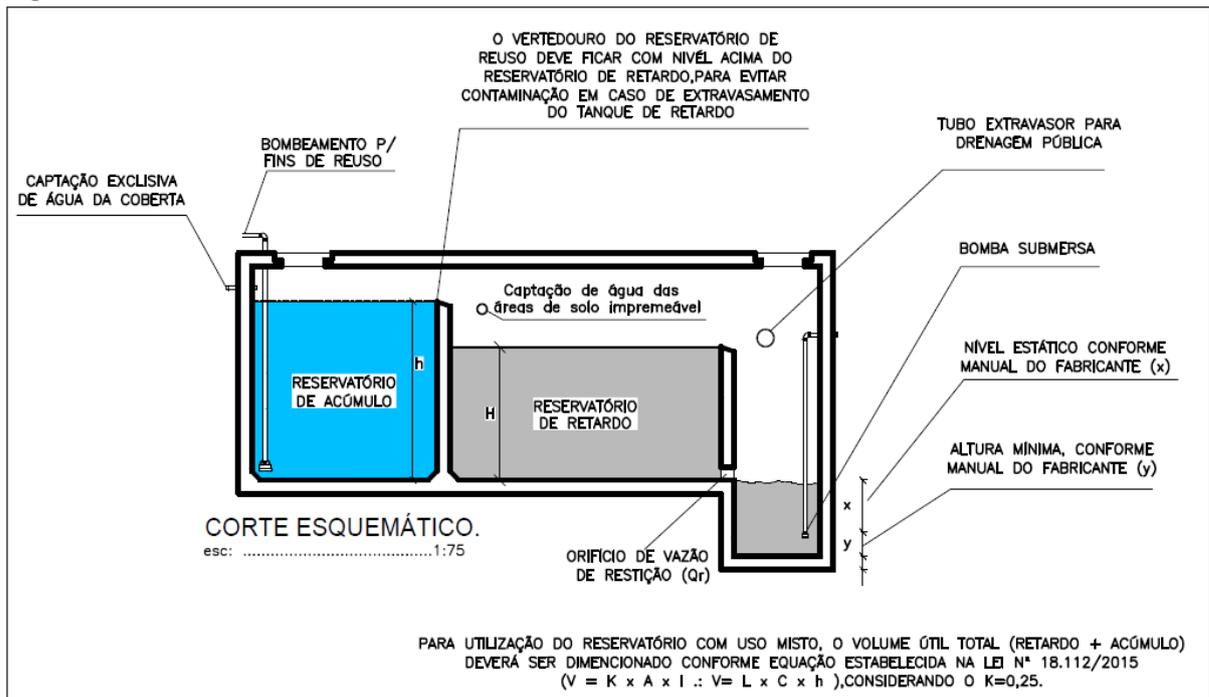
Figura 10 - CORTE – BB



fonte: EMLURB (2023)

4.1.4 Tanque Misto

Figura 11 – Reservatório de uso misto



fonte: EMLURB (2023)

4.2 Fórmulas para os cálculos de volume, vazão de restrição e diâmetro do orifício.

Assim como nos modelos de referência (tópico 5.1), a EMLURB tem definidas as fórmulas a serem utilizadas nos cálculos do volume, da vazão de restrição e do diâmetro da tubulação, dos tanques de acúmulo e/ou de retardo, tomando por base o que determina o Artigo 4º, da Lei 18.112/2015.

4.2.1 Volume (V)

$$V = K \cdot A \cdot I \quad (1)$$

- V = volume do reservatório, em m³;
- K = Coeficiente de abatimento;
- A = Área total do lote, em m²;
- I = intensidade da chuva de vazão média de cheias na cidade do Recife.

Após o cálculo do volume do reservatório, são definidas suas dimensões: largura(c), comprimento(c) e altura(h).

Ainda segundo a nova Lei Municipal, temos as seguintes determinações:

Para os Reservatórios de Acumulação, adotar: **K = 0,15 e I = 0,06 m/h**, o extravasor deve ser instalado em cota de modo a permitir verter quando o reservatório atingir 90% do volume calculado e que o volume escoado seja direcionado para infiltração na área de solo natural remanescente do lote.

Para os Reservatórios de Retardo adotar: **K = 0,25; I = 0,06 m/h**. E seu escoamento para o sistema público se dará através de orifício com vazão de restrição em função do coeficiente de escoamento de pré-urbanização. O modelo adotado para a determinação desta vazão é a fórmula Racional:

4.2.2 Vazão de restrição (Qr)

$$Qr = (Cr \cdot I \cdot A)/360 \quad (2)$$

- Qr = vazão de restrição, em m³/s;
- Cr = Coeficiente de escoamento de pré-urbanização;
- I = Chuva de projeto;
- A = Área total do lote, em hectares (ha);

4.2.3 Diâmetro da tubulação (D)

Para o dimensionamento do diâmetro da tubulação, primeiro calcula-se a área(A) do orifício de vazão, nos casos de tanques de retardo, conforme a sequência abaixo (EMLURB).

$$A_{\text{orifício}} = Qr / (3,19975 \sqrt{h}) \quad (3) \rightarrow D = 2 \sqrt{(A/\pi)} \quad (4) \rightarrow D_c = \text{diâmetro comercial}$$

De posse do valor da área(A), calcula-se o diâmetro(D) do orifício. Arredondando-se, para mais, os algarismos significativos obtidos no cálculo do diâmetro(D), temos o diâmetro comercial(D_c) da tubulação a ser utilizada.

4.3 Levantamento do quantitativo de reservatórios de água pluviais construídos.

Conforme dados obtidos na EMLURB, através de entrevistas com os responsáveis técnicos na Prefeitura de Recife, foi possível calcular a quantidade e a capacidade total, tanto por tipo de reservatório, como de forma anual (Gráfico 1), desde a vigência da Lei, até o dia 15 de outubro de 2023. (Tabela 1)

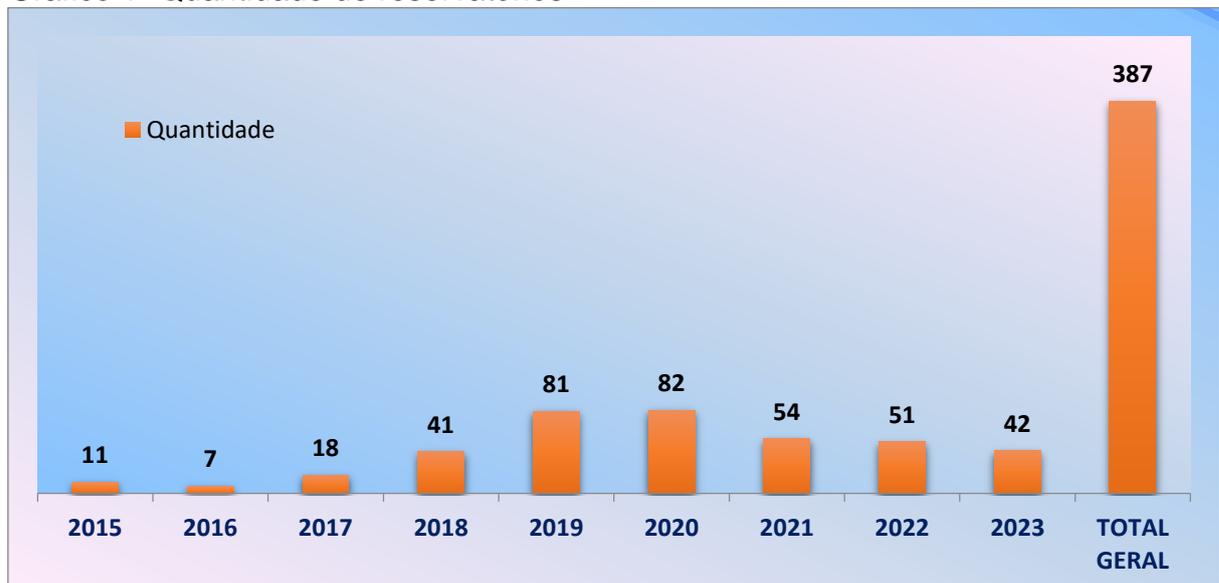
Tabela 1

ANO	TIPO DE RESERVATÓRIO						TOTAL GERAL	
	RETARDO		ACÚMULO		MISTO		QTD.	VOLUME
	Qtde.	Vol.	Qtde.	Vol.	Qtde.	VOL.	unid.	m ³
2015	11	270	0	0	0	0	11	270
2016	4	72	3	46	0	0	7	117
2017	15	330	3	28	0	0	18	358
2018	28	1030	13	490	0	0	41	1.521
2019	52	1600	27	471	2	33	81	2.104
2020	52	2775	24	293	6	184	82	3.252
2021	39	2361	10	233	5	79	54	2.673
2022	39	1924	9	102	3	99	51	2125
2023	32	2268	10	183	0	0	42	2451
TOTAL	272	12632	99	1846	16	395	387	14.872

fonte: EMLURB (2023)

O gráfico abaixo mostra os totais anual e geral do quantitativo, o que corresponde a 387 reservatórios construídos.

Gráfico 1- Quantidade de reservatórios

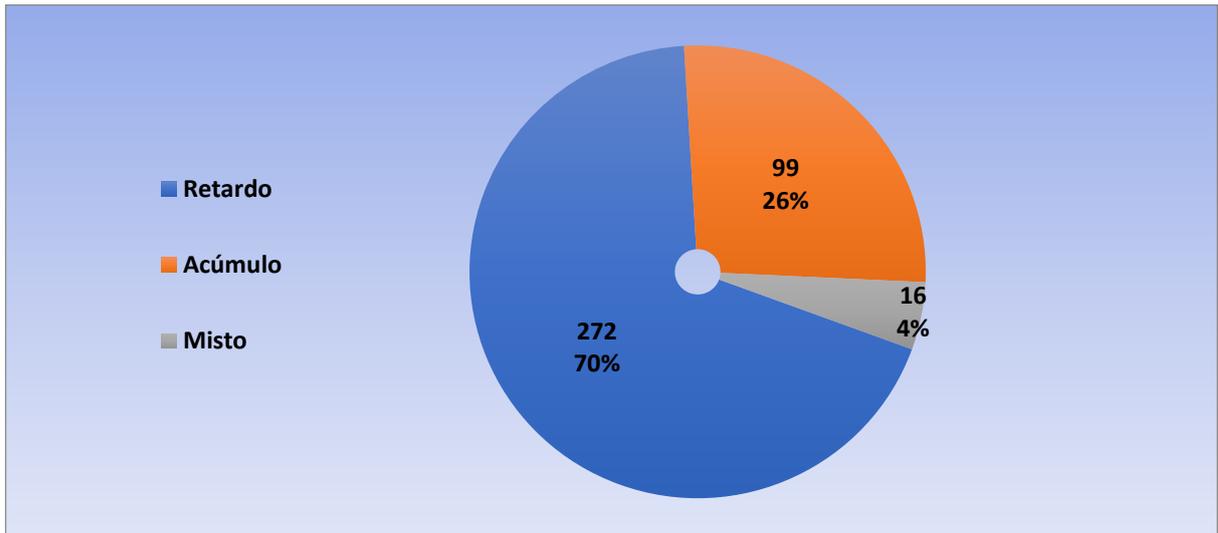


fonte: Autor (2023)

Analisando o gráfico acima, podemos observar que desde a vigência da lei 18.112, em 2015, até o ano de 2020, houve um crescimento considerável no número de tanques construídos, devido à retomada de crescimento no setor da construção civil, após um longo período de estagnação. Porém, entre os anos de 2020 a 2023, houve uma significativa queda na quantidade de reservatórios, devido a forte desaceleração da indústria, ocorrida durante o período de pandemia da COVID-19.

O gráfico abaixo mostra o total, por tipos de reservatórios construídos, e seus respectivos percentuais.

Gráfico 2 – Quantitativo por Tipo de Reservatório



fonte: Autor (2023)

O gráfico abaixo mostra os totais anual e geral dos volumes, com um total de 14.872,00m³ de capacidade de acúmulo/retenção dos reservatórios construídos.

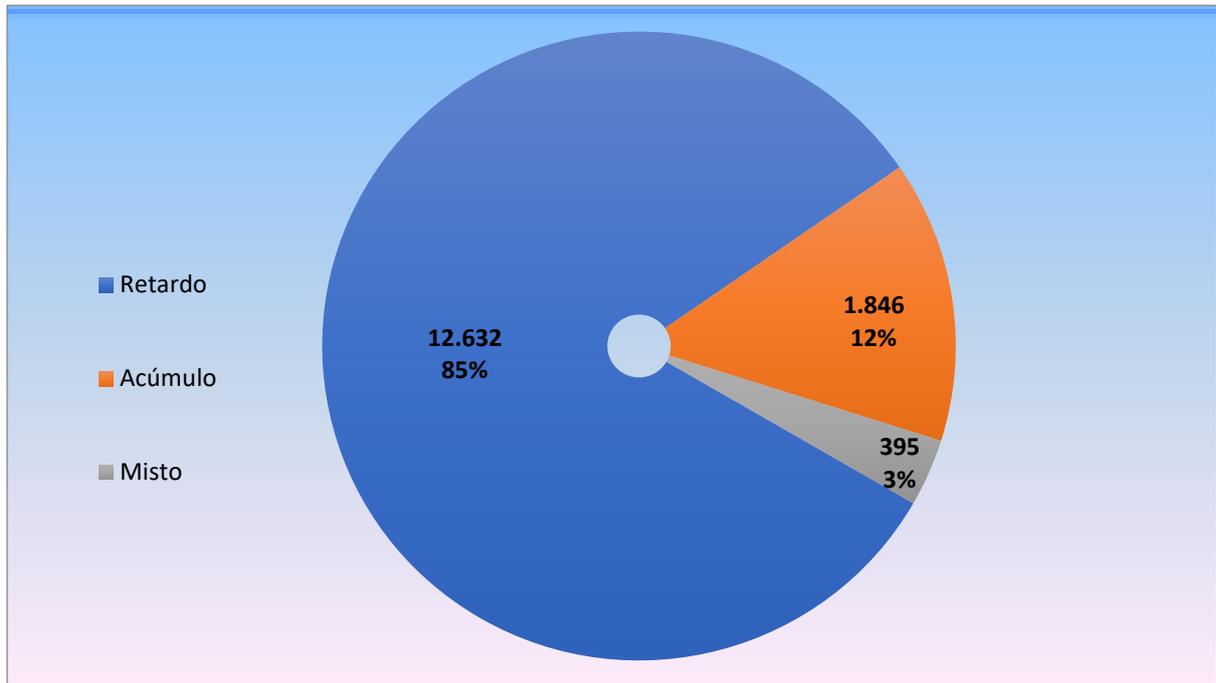
Gráfico 3 – Somatório dos volumes (m³) dos Reservatórios



fonte: Autor (2023)

O gráfico abaixo mostra o total da capacidade de acúmulo/retenção, por tipos de reservatórios construídos, e seus respectivos percentuais.

Gráfico 4 - Somatório dos volumes (m³) por tipo de Reservatório



fonte: Autor (2023)

Comparando os gráficos 2 e 4, observamos o seguinte:

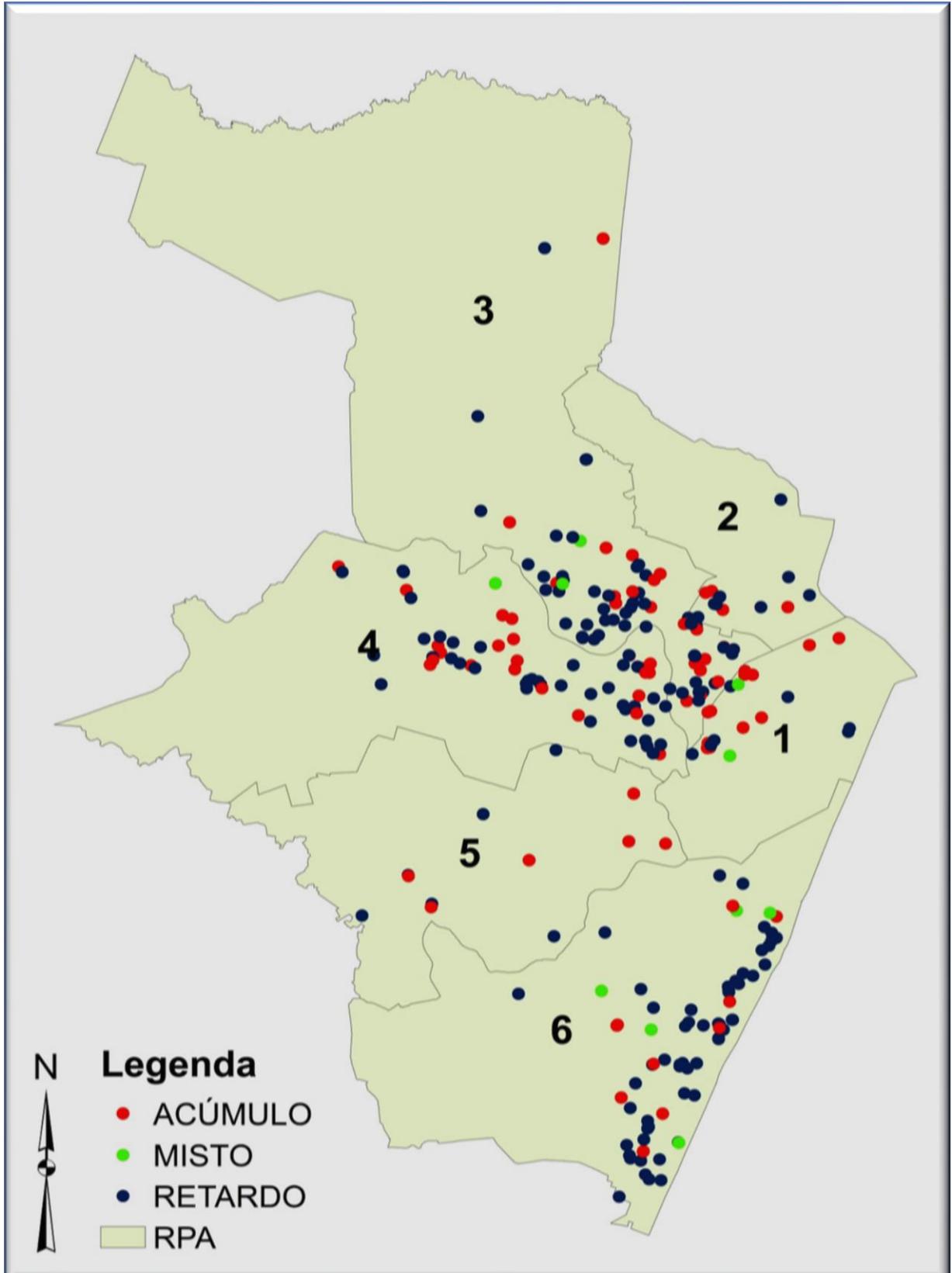
- No gráfico 2, que o percentual de reservatórios de retardo corresponde a 70% do total de reservatórios construídos, até outubro de 2023. Enquanto que os reservatórios de acúmulo correspondem a 26% do total, construídos no mesmo período;
- No gráfico 4, vemos que o percentual de volume dos reservatórios de retardo corresponde a 85% da capacidade total de todos os reservatórios construídos. Enquanto que a capacidade volumétrica dos reservatórios de acúmulo corresponde a 12% da capacidade total de retenção de todos os reservatórios construídos no mesmo período.

Isso ocorre porque os percentuais do gráfico 2, levam em consideração apenas o quantitativo, em unidades de reservatórios construídos. Porém, o gráfico 4 mostra a capacidade total volumétrica. E é justamente no cálculo do volume dos reservatórios que o coeficiente de abatimento “K” faz a diferença. Pois sendo ele igual a 0,25 ($K = 0,25$), para os reservatórios de retardo, e 0,15 ($K = 0,15$) para os reservatórios de acúmulo, isto faz com que, para uma mesma área total do lote (A), o volume do reservatório de retardo seja aproximadamente 67% maior que o volume do reservatório de acúmulo. Logo, suas dimensões também serão maiores.

Os reservatórios de retardo precisam ter dimensões maiores que os de acúmulo, pois eles devem captar todas as águas pluviais de um determinado lote. Já os de acúmulo captam apenas as águas pluviais das coberturas da edificação construída no lote.

4.4 Mapeamento dos locais de implantação dos reservatórios de águas pluviais, por Georreferenciamento.

Figura 12 – Georreferenciamento por RPA



Fonte: EMLURB (2023)

5. CONCLUSÕES

Desde a vigência da Lei Nº 18.112 (Recife, 2015), de todos os projetos aprovados pela EMLURB, 70% correspondem aos reservatórios de retardo, 26% correspondem aos reservatórios de acúmulo, e 4% aos reservatórios de uso misto. Porém, não existe nenhum tipo de incentivo fiscal, por parte da Prefeitura do Recife, para construção de qualquer tipo de reservatório.

Foram implantados, ao todo, 387 reservatórios de águas pluviais, observando-se que os reservatórios de retardo são os mais escolhidos, pois, apesar de ter dimensões maiores, são menos custosos que os de acúmulo, no que diz respeito à construção e à manutenção. Tendo em vista que, mesmo retendo as águas pluviais, posteriormente elas serão escoadas para rede de drenagem urbana da cidade, visto que a lei proíbe o reaproveitamento da água para fins potáveis e não potáveis, para esse tipo de reservatório.

No entanto, os reservatórios de acúmulo trazem mais benefícios ao meio ambiente, pois fazem cumprir a lei em relação à melhoria da qualidade ambiental da cidade, já que seu volume de água deve ser reaproveitado, tendo em vista que só captam as águas pluviais das coberturas.

A Lei em tela é relativamente recente, visto que o tempo decorrido desde sua elaboração é relativamente curto. Sua implementação apenas atenua, e de forma bastante discreta, o problema das enchentes na cidade do Recife. Principalmente porque a referida Lei não abrange as construções antigas da cidade, ou seja, ela não retroage no sentido de obrigar a construção dos reservatórios em locais e projetos aprovados antes da vigência da mesma. Salvo, quando se tratar de reforma com ampliação ou alteração das características estruturais de uma edificação.

Dentro do conjunto de soluções que devem ser elaboradas, sugere-se a possibilidade de construção desses tanques em trechos da via pública, ampliando as alternativas na busca pela constante redução dos diversos fatores que influenciam as enchentes e inundações desta grande metrópole.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527**: Água da chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2014.

CLIMATE-DATA ORG. (Brasil). **Clima Recife: Temperatura, tempo e dados climatológicos**. Recife, 2019-2021. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/pernambuco/recife-5069/>. Acesso em: 29 set. 2023

COELHO, Fábio Gomes et al. **Uso de reservatórios de águas pluviais residenciais como auxílio na drenagem urbana.** Revista Hydro - Ano XI No 121, p. 36-37, nov. 2016. Disponível em: <https://www.arandanet.com.br/assets/revistas/hydro/2016/novembro/index.php#page=36>. Acesso em: 16 jul. 2023.

FERREIRA, Daniela Moreira De Souza. **Procedimentos e aplicações de normas e leis em edificações visando a contenção de enchentes e o uso da água pluvial.** 2012. Monografia (Especialização em Engenharia Sanitária e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9ARH78/1/monografia_daniela_moreira.pdf. Acesso em: 03 jul. 2023.

GICO, Montenegro Suzana; Montenegro, Abelardo; Cavalcanti, Giancarlo; Spíndola, Albert Einstein. **Recarga artificial de aquíferos com águas pluviais em meio urbano como alternativa para a recuperação dos níveis potenciômetros na planície do Recife, Pernambuco.** Recife, 2005. - Disponível em: http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp_suzana_recargaartificialdeaquiferoscomagua_spluviais.pdf . Acesso em: 16 ago. 2022.

IBGE, **Caracterização da População.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>> Acesso em 20 out. 2023.

KOBIYAMA, Masato (Brasil). **Tecnologias alternativas para o aproveitamento de águas pluviais.** Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina – 2014.

PERNAMBUCO. **Lei nº 14.572, de 27 de dezembro de 2011.** - Estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações do Estado de Pernambuco e dá outras providências. Pernambuco: Alepe Legis, [2011]. Disponível em: <http://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=5170&tipo=TEXTORIGINAL>. Acesso em: 18 mar. 2023.

RECIFE (PE). **Lei Ordinária nº 18112 de 12 de janeiro de 2015.** Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do “telhado verde”, e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1812/18112/lei-ordinaria-n-18112-2015-dispoe-sobre-a-melhoria-da-qualidade-ambiental-das-edificacoes-por-meio-da-obrigatoriedade-de-instalacao-do-telhado-verde-e-construcao-de-reservatorios-de-acumulo-ou-de-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 08 jul. 2023.

VIEIRA, Cristiano Mendes. Lei 18112/15: **Em busca da melhor associação entre telhados verdes e reservatórios de águas pluviais.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 02, Vol. 10, pp. 99-118. Fevereiro de 2021. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/telhados-verdes>. Acesso em: 13 jul. 2023.