

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES CONSIDERANDO O CONCEITO DE NET ZERO WATER BUILDINGS

Amanda Oliveira da Silva (amandaoliveira97s@gmail.com); Ana Luzia Leandro Argôlo (analuzia.argolo@hotmail.com); Luiza Barroso Martins Dutra e Mello (luizabmdutra@gmail.com); Tamara Damasceno da Cunha (tamaradamasceno92@gmail.com); Karoline Figueiredo (karolinefigueiredo@poli.ufrj.br); Assed Naked Haddad (assed@poli.ufrj.br); Marcelo Gomes Miguez (marcelomiguez@poli.ufrj.br); Aline Pires Veról (alineverol@fau.ufrj.br)

Universidade Federal do Rio de Janeiro; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ - FAU) - Brazil

Universidade Federal do Rio de Janeiro; Escola Politécnica (UFRJ-POLI) - Brazil

Palavras chave: aproveitamento de água de chuva, sistemas prediais sustentáveis, net zero water buildings, edificações sustentáveis

Existe uma relação próxima entre sustentabilidade e uso racional da água, como forma de evitar escassez hídrica e de tornar mais econômico, financeiramente, o uso da água de abastecimento público. Em uma visão sistêmica, a edificação, como célula básica da urbanização, tem importância também no desempenho dos sistemas urbanos e essa consciência é ainda pouco explorada. A discussão edilícia e a urbana caminham, muitas vezes, de forma separada, com particularidades próprias das diferentes escalas de cada um desses contextos. No âmbito dos projetos de sistemas prediais sustentáveis está o conceito de Edifícios com Balanço Hídrico Nulo, cujo termo em inglês é Net Zero Water Buildings (NZWB), que indica que um dado recurso, neste caso, a água, pode ser consumido tanto quanto for a sua produção no próprio local, sem gerar dependência externa, alcançando um equilíbrio entre demanda e disponibilidade, de forma mais sustentável. É importante sua consideração já na fase do projeto de arquitetura, avaliando questões como a máxima redução do consumo e adaptação ao clima local. Este trabalho tem como objetivo conceber um projeto de aproveitamento de água de chuva em uma edificação multifamiliar, que possa ser adaptável a diferentes tipos de edificações, considerando o conceito de NZWB. Nesse sentido, considera-se a oferta de chuva local, a área de captação do edifício, e os possíveis usos da água pluvial na edificação. É desenvolvido o projeto do sistema predial de aproveitamento de águas pluviais para a situação escolhida. Como principal resultado, são estabelecidas orientações para a concepção de projetos de arquitetura que levem em conta um projeto de NZWB - interface de funcionamento entre edifício civil e seus sistemas prediais.

1. INTRODUÇÃO

Muito se discute hoje sobre sustentabilidade, embora, muitas vezes, não haja uma definição precisa em torno desse conceito e, principalmente, de sua abrangência. Projetos de edificações sustentáveis vêm ganhando espaço na literatura técnica e, em termos dos sistemas hidráulicos e sanitários, existe uma relação próxima entre sustentabilidade e uso racional da água, como forma de evitar períodos de restrição com escassez hídrica e como forma de tornar mais econômico, financeiramente, o uso da água de abastecimento público (Englehardt *et al.*, 2016). Porém, em uma visão sistêmica, a edificação, como célula básica da urbanização, tem uma importância também no desempenho dos sistemas urbanos e essa consciência é ainda pouco explorada. A discussão edilícia e a discussão urbana

caminham, muitas vezes, de forma separada, com particularidades próprias das diferentes escalas de cada um desses contextos (Veról *et al.*, 2018).

Entretanto, há várias questões inter-relacionadas. Uma edificação produz rejeitos. Enquanto os resíduos sólidos são função dos hábitos e do consumo dos habitantes de uma cidade (e, portanto, dos moradores de uma edificação), a geração de escoamentos superficiais depende de como a edificação ocupa o lote, de qual é o seu tipo de cobertura, do quanto as superfícies são impermeabilizadas e, por fim, de quantas e quais são as medidas compensatórias introduzidas em projeto, para evitar a produção direta de escoamento superficial e, assim, garantir a recuperação de parte das funções do ciclo hidrológico natural. Assim, reservatórios de lote podem recuperar parte da retenção superficial perdida com a regularização do solo, pavimentos permeáveis podem recuperar parte da infiltração perdida com as impermeabilizações, telhados verdes podem favorecer a evapotranspiração, reter água na camada de solo e funcionar como reservatório de retenção, utilizando o volume da camada drenante (Miguez *et al.*, 2015). Essas ações ajudam a reduzir e a controlar as inundações no ambiente urbano, que contém as edificações que são a causa de um incremento de escoamentos. Da mesma forma, o consumo excessivo de água, além de custoso para o proprietário e de estressar um recurso natural finito, contribuindo para um quadro de escassez e (eventual) racionamento na escala urbana do abastecimento público, também é diretamente proporcional ao volume de esgoto gerado, o que tende a ameaçar a qualidade dos ambientes natural e construído, se não adequadamente coletado e tratado na escala urbana. Em última análise, a economia de água também reverte em uma economia de energia, uma vez que uma parcela considerável do custo do tratamento e distribuição de água potável se refere aos gastos com energia. Consumindo menos energia, em escala local (no lote), tem-se uma reação em cadeia, em larga escala, com benefícios para o meio ambiente e para a própria cidade.

Portanto, os cuidados com os sistemas hidráulicos e sanitários de uma edificação não são apenas preocupações do usuário direto, que poderá usufruir de um uso racional da água e obter vantagens econômicas, mas, em última análise, reverte para o bem coletivo, para o bom funcionamento da cidade e aponta para um caminho de desenvolvimento sustentável, suportado por ações que se iniciam na escala básica do lote urbano.

No âmbito da discussão dos projetos de sistemas prediais sustentáveis está um conceito novo, o de *Edifícios com Balanço Nulo*, cujo termo em inglês é *Net Zero Buildings*. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental Americana (*Environmental Protection Agency – EPA*), este conceito indica que um dado recurso pode ser consumido tanto quanto for a sua produção no próprio local, sem gerar dependência externa, alcançando um equilíbrio entre demanda e disponibilidade, de forma mais sustentável (EPA, 2018). As pesquisas mais avançadas na literatura são na área de energia, que foram precursores do conceito *Net Zero*, com a definição dos edifícios com Balanço Energético Nulo (*Net Zero Energy Buildings*). Entretanto, já se vem avançando nos conceitos de Balanço Hídrico Nulo (*Net Zero Water Buildings*) e Desperdício Nulo (*Net Zero Waste Buildings*). Portanto, o conceito se aplica à conservação da água, à redução do uso de energia e à eliminação da geração de resíduos sólidos, contribuindo para a melhoria do meio ambiente, proporcionando benefícios econômicos, bem como auxiliando as comunidades a se tornarem mais sustentáveis e resilientes (Joustra e Yeh, 2015a). Para adoção deste conceito, é importante a sua consideração já na fase de projeto, pois assim, desde o desenvolvimento do projeto de arquitetura, questões como a máxima redução do consumo e adaptação ao clima local serão consideradas.

Um edifício NZWB tem como principais objetivos minimizar o total de água consumida, maximizar as fontes alternativas de água e minimizar a descarga de águas residuais para o ambiente e retorno da água para sua fonte original. Em resumo, este é um conceito

inovador, que tornaria o edifício totalmente responsável pela geração de água potável para atender suas demandas, bem como pelo tratamento de todos os resíduos.

Joustra e Yeh (2015b) mencionam que a avaliação do NZWB pode ser considerada em vários níveis hidrológicos: o da edificação em si e o da conexão desta com o sistema urbano, em que as redes públicas de água e esgoto dependem de fontes naturais de água para abastecimento e, posteriormente, descarte de seus efluentes.

No sistema tradicional (Figura 1a) a água potável é fornecida pela concessionária responsável e todo esgoto gerado, tanto águas cinza quanto águas negras, são descartadas e tratadas em uma estação de tratamento do município e a água de chuva é direcionada a rede pública de águas pluviais sem que haja nenhum uso. A proposta do NZWB (Figura 1b) determina que a água de chuva seja tratada no local e transformada em água potável. A alternativa para usos não potáveis é a conjugação de água de chuva com águas cinza, que são residuais levemente contaminadas geradas por torneiras de lavatórios e chuveiros. E que haja o tratamento prévio das águas negras para o descarte na rede pública.

Caso o edifício não esteja localizado dentro da bacia hidrográfica ou aquífero da fonte de água original, será improvável o retorno da água à fonte de água original. Nesses casos, porém, a água irá beneficiar outra bacia, de forma semelhante a uma transposição. Para a natureza, os benefícios permanecem e a redução da captação, pelo reaproveitamento, diminui o estresse hídrico na origem.

Antes da realização de um projeto de um edifício NZWB, é necessária a verificação das diversas alternativas possíveis, verificando a mais adequada para cumprir as metas de desempenho e ideias pré-concebidas, caso a caso. Note-se que há um trabalho importante de arquitetura e projeto, no sentido de gerar, originalmente, já uma menor necessidade de água e energia, favorecendo uma economia de consumo, antes da aplicação das técnicas de reaproveitamento dos recursos.

Para um edifício ser classificado como edificação com NZWB e receber alguma certificação por isso, é necessário que o balanço hídrico calculado entre demanda, geração e reuso de água seja igual à zero. Apesar da proposta de NZWB ser uma meta conceitualmente interessante, principalmente em situações de escassez hídrica, é importante ressaltar a

dificuldade de atingir um balanço verdadeiramente nulo na realidade brasileira. As normas existentes proíbem o uso de água de chuva, por exemplo, para uso potável, sendo a água de abastecimento proveniente da concessionária a fonte mais indicada para esse tipo de consumo. Deve-se destacar também o caráter de saúde pública relativo ao tema e a necessidade de se ter oferta segura de água em quantidade e qualidade. Assim, entende-se que este conceito, como referência para o projeto, possa ser aplicado aqui, de uma maneira adaptada, em que se defina um consumo mínimo como meta (de água da concessionária, por exemplo), tendo como objetivo racionalizar o máximo possível esse recurso e diminuir as dependências externas. Essa é uma proposta mais factível em larga escala, não apenas como ação demonstrativa em edificações especiais.

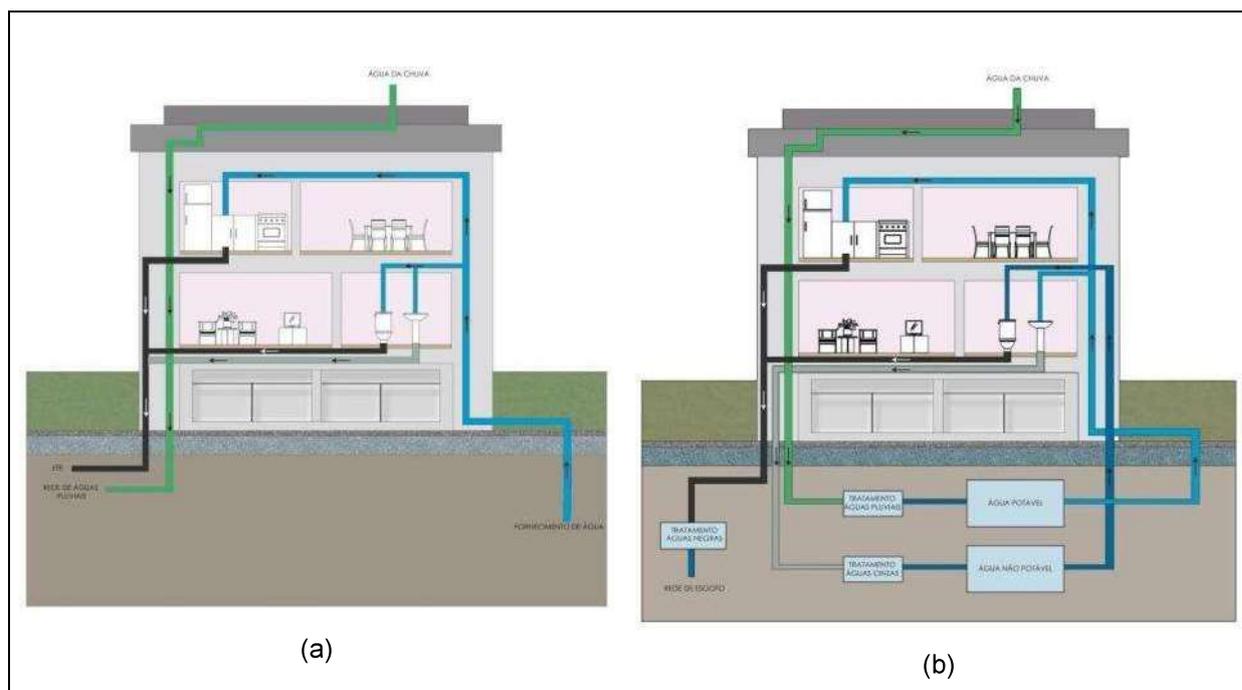


Figura 1. (a) Edifício tradicional; (b) Edifício Net Zero Water Building.

(Elaborado pelos autores)

No Brasil, a lei federal 11.445/2007, conhecida como Lei de Saneamento, incentiva o aproveitamento da água de chuva em edificações, especificando que os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base em princípios fundamentais, tais como o combate às perdas de água e estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento ao aproveitamento de águas de chuva (Brasil, 2007). Há, ainda, várias outras iniciativas em andamento, como projetos de lei, visando estabelecer um uso mais eficiente das águas, controlar inundações, isentar impostos ou reduzir alíquotas que incidem sobre materiais/equipamentos utilizados em projetos de aproveitamento de água de chuva, entre outros. Uma iniciativa de grande relevância foi a publicação da NBR 15527:2007, *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos* (ABNT, 2007), que define os requisitos para o projeto de um sistema de aproveitamento de águas de chuva e prevê, dentre as possibilidades de uso da água de chuva, após tratamento adequado, o das 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. Já a Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU n° 001 de 27 de janeiro de 2005 (Rio de Janeiro, 2005), em vigor no Rio de Janeiro, prevê usos mais restritos, apenas em lavagens de automóveis, pisos e regas de jardins. Para fins de aproveitamento, a NBR 15527:2007 restringe a área de captação apenas às coberturas, ou seja, aos telhados das edificações. Porém, as superfícies impermeáveis de um lote se referem às áreas de telhado, laje ou piso. Para fins de mitigação de alagamentos e inundações associados a falhas do sistema de drenagem urbana, todas essas áreas podem ser áreas de captação.

Pretende-se, com este trabalho, contribuir para a melhoria do meio ambiente, proporcionando benefícios econômicos na escala da cidade, bem como auxiliando as comunidades a se tornarem mais sustentáveis e resilientes.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo propor um projeto de aproveitamento de águas pluviais em uma edificação multifamiliar, que possa ser adaptável a diferentes tipos de edificações, causando menos impacto ao meio ambiente e visando reduzir o consumo de recursos

naturais já escassos, tendo como base o conceito de *Net Zero Water Building* (NZWB). Propõe-se, mais especificamente, definir orientações para a concepção de projetos de arquitetura que levem em conta um projeto de NZWB.

3. METODOLOGIA

A metodologia de trabalho inicia com a revisão bibliográfica acerca do tema *Net Zero Water Building*. Em sequência, foi feito um levantamento da legislação brasileira, para que houvesse o entendimento dos limites de sua aplicabilidade e os parâmetros de qualidade que a água deveria seguir.

Posteriormente, houve a escolha de um projeto base de uma edificação multifamiliar de padrão médio, sua implantação em um determinado terreno, a identificação de um posto pluviométrico na área de influência do mesmo e a quantificação da oferta de água de chuva, a partir da captação na cobertura do edifício estudado, levando-se em consideração a demanda da edificação.

Uma vez determinada a oferta de chuva local e a área de captação do edifício, iniciou-se o estudo de alternativas para o uso das águas pluviais coletadas. A escolha da melhor alternativa considerou o volume do reservatório e a possibilidade de posicionamento do mesmo. O estudo para o posicionamento do reservatório considerou os impactos positivos e negativos na estrutura do edifício e no terreno.

Após a determinação dos usos contemplados com a água de chuva e o posicionamento do reservatório, foi desenvolvido o projeto do sistema predial de aproveitamento de águas pluviais para a situação escolhida.

Como etapa final deste estudo, foram definidas algumas orientações para a concepção de projetos de arquitetura que levem em conta um projeto de NZWB (interface de funcionamento entre edifício civil e seus sistemas prediais).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Apresentação do Caso de estudo

Para elaboração do trabalho foi escolhido um edifício, baseado na NBR 12721:2006 (ABNT, 2006), de médio padrão multifamiliar (R8-N), que conta com 10 pavimentos além do nível do subsolo, sendo: pavimento térreo, oito pavimentos tipo e cobertura técnica, totalizando uma área construída de, aproximadamente, 5.998m². A escolha deste projeto se baseia em três aspectos: (a) a utilização de um edifício padrão; (b) a representatividade desse modelo, visto que a morfologia e a estrutura dos espaços deste exemplo traduzem o que a cultura da verticalidade no Brasil trouxe como seu estilo principal em grande parte dos edifícios multifamiliares; (c) interesse em um projeto que seja adaptável a diferentes edificações, estando situado em um nível intermediário, tanto em padrão de acabamento, quanto em estrutura construída, atendendo à arquitetura popular também no âmbito econômico.

O terreno localiza-se no bairro de Jacarepaguá, na Rua Franz Weissman, tendo como referência o complexo Rio 2. Sua área é de, aproximadamente, 9.500m², com dimensões de 76 m x 125 m. Pela amplitude do terreno e sua morfologia local, foi decidido que este estudo trabalharia com um condomínio de quatro edifícios que se desenvolvem de acordo com o ponto central do terreno, onde foi inserido o reservatório semienterrado de águas brutas, criando, assim, um espaço de convivência aos moradores. A área de captação, no telhado, possui 5.998m². A Figura 2 apresenta imagens do edifício utilizado como caso de estudo e um esquema de como seria sua implantação no terreno escolhido.



Figura 2. Implantação do Edifício no terreno selecionado. (Elaborado pelos autores)

4.2. Avaliação Hidrológica

Durante o processo de estudo da viabilidade do projeto mostrou-se necessária a análise da série hidrológica mensal para determinar a estimativa de oferta de água de chuva naquela região. Para análise da série histórica pluviométrica local fez-se o levantamento dos postos pluviométricos próximos ao terreno, sendo escolhido o posto Jacarepaguá/Cidade de Deus que se localiza na Estrada Mal. Salazar de Moraes, 1409.

A análise dos dados foi imprescindível para o desenvolvimento do projeto de captação de águas pluviais. Por meio deles foi estipulada não só a oferta de água de chuva, como também a previsão dos meses de maior escassez dela. Essas informações foram determinantes para compreender quais usos poderiam ser contemplados pelo sistema e para o dimensionamento do reservatório de águas pluviais. Através dos levantamentos pluviométricos fornecidos pelo Alerta Rio apresenta-se a Figura 3 com as médias históricas mensais e médias de dias secos para o posto analisado, em um período de 20 anos – de 1997 a 2017.

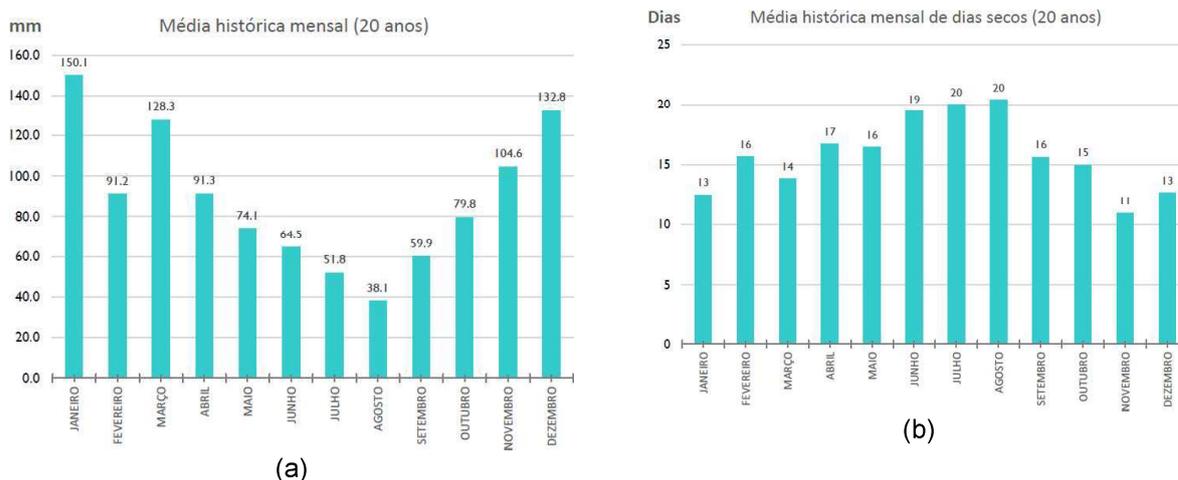


Figura 3. (a) Médias pluviométricas mensais. (b) Média de dias secos. (Elaborado pelos autores)

4.3. Estudo das Alternativas

O estudo das alternativas caracteriza-se pelo levantamento de usos que poderiam ser contemplados com a água captada. Primeiramente foram determinadas alternativas que atendessem a um único tipo de uso e que estivessem dentro da legislação brasileira. Nesse processo, percebeu-se que alguns usos não poderiam ser atendidos em sua totalidade;

portanto, foram estipuladas alternativas com o tempo reduzido para tal finalidade. Em segundo lugar, foram consideradas alternativas que não atendessem a legislação brasileira para a captação de águas pluviais. Por último, houve a conjugação de alternativas, totalizando treze alternativas de consumo da água chuva, conforme apresentado pela Tabela 1.

Após a definição das alternativas iniciou-se o processo de estudo da viabilidade de cada uma delas. Primeiramente, por meio da estimativa de consumo de água diário e, posteriormente, mensal, gerados por cada uma delas. As estimativas de consumo para cada opção foram relacionadas com a oferta de água mensal.

Dentre as opções calculadas usando parâmetros de gastos fornecidos pela série DTA (Documentos Técnicos de Apoio) do Programa da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (PNCDA) do Ministério das Cidades (Ministério do Planejamento e Orçamento, 2003), foi escolhida a alternativa 13 que diz respeito à lavagem de piso por 2 horas, equivalente a 30 minutos por edificação, e irrigação de jardim. A Tabela 2 apresenta o dimensionamento do volume do reservatório para acúmulo de águas pluviais, considerando o volume de chuva recolhido na cobertura e o consumo, previamente calculado; a soma das diferenças negativas resulta no volume necessário para o reservatório de águas pluviais. Foi escolhida esta alternativa com base no volume do reservatório, tendo esta situação sido a de valor mediano em relação às outras calculadas, dando margem para a aplicação de um reservatório de medidas razoáveis, dado o espaço disponível no terreno.

Com base neste dimensionamento, obtém-se o volume de 87,61 m³ para o reservatório, que pode ter dimensões iguais a 6 m x 2 m x 8 m (largura x altura x profundidade), se for prismático, ou 2 m x 7,6 m (altura x diâmetro), se for cilíndrico. Considerando a resolução conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 2005 obteve-se, ainda, o volume mínimo para o reservatório de águas pluviais, de aproximadamente 12m³, o que mostra que o reservatório calculado para o empreendimento está dentro das exigências legais.

Tabela 1. Alternativas para aproveitamento de água de chuva e consumo diário correspondente..

Alternativas	Descrição do uso	Consumo diário (L)
1	Irrigação de jardim	675
2	Lavagem de automóveis	3200
3	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 1 h	180
4	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 30 min	90
5	Bacias sanitárias	1920
6	Tanque	1152
7	Máquina de Lavar Roupa (MLR)	4224
8	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 1 h + irrigação de jardim	855
9	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 30 min + irrigação de jardim	765
10	Lavagem de 30% dos automóveis	960
11	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 30 min + irrigação de jardim + lavagem de 30% dos automóveis	1725
12	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 30 min + irrigação de jardim + lavagem de 10% dos automóveis	1085
13	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 2 h + irrigação de jardim	1035

Tabela 2. Alternativa 13 - Lavagem piso 2h + irrigação jardim

Mês	Média histórica mensal pluviométrica (mm)	Área telhado (m ²)	Volume chuva no telhado (m ³)	Dias secos	Consumo (m ³)	Diferença entre Vol. chuva no telhado e Consumo (m ³)	Volume reservatório (m ³)
Jan	150,06	1348	202,28	13	77,0	125,27	-87,61
Fev	91,15	1348	122,87	16	86,5	36,34	
Mar	128,32	1348	172,97	14	80,6	92,36	
Abr	91,33	1348	123,11	17	88,3	34,78	
Mai	74,14	1348	99,94	16	87,6	12,38	
Jun	64,49	1348	86,93	19	95,7	-8,72	
Jul	51,84	1348	69,88	20	97,2	-27,32	
Ago	38,07	1348	51,32	20	98,2	-46,91	
Set	59,88	1348	80,71	16	85,4	-4,66	
Out	79,81	1348	107,59	15	83,7	23,89	
Nov	104,56	1348	140,94	11	72,8	68,17	
Dez	132,82	1348	179,04	13	77,4	101,64	

4.4. Projeto do sistema predial de aproveitamento de águas pluviais

Nesta etapa será desenvolvido o projeto do sistema predial de aproveitamento de águas pluviais, considerando critérios de sustentabilidade e economia do sistema. Assim, foram analisadas três situações distintas para o posicionamento reservatório: (a) cobertura; (b) enterrado no térreo; (c) elevado no térreo, integrado com o projeto paisagístico (Figura 4).

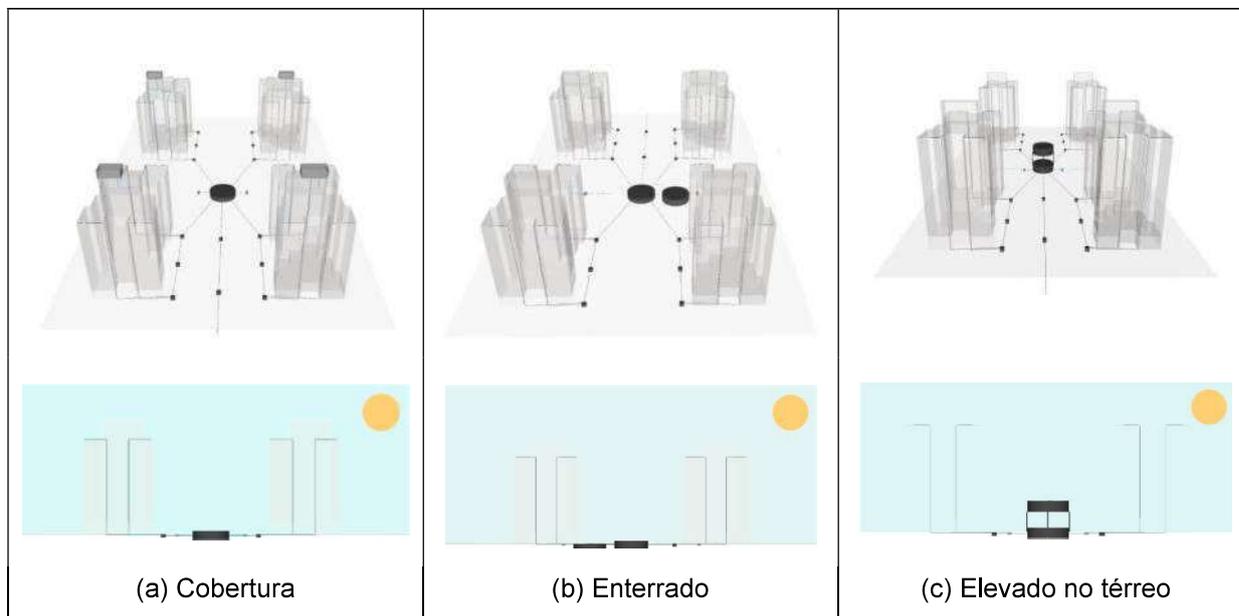


Figura 4. Possibilidades de posicionamento do reservatório de acumulação de águas pluviais no edifício em estudo. (Elaborado pelos autores)

Na situação (a), água seria captada na cobertura, levada ao reservatório semienterrado de águas brutas no centro do terreno através de prumadas e caixas de areia, filtrada no local e bombeada para os reservatórios superiores de águas tratadas. Cada edifício contaria com um ponto de água que seria abastecido por colunas de água de aproveitamento por gravidade, dispensando o uso de bombas. Esta situação foi descartada porque exige espaço para dois reservatórios superiores (de água potável e de água de aproveitamento) - este edifício não possui espaço necessário na cobertura para comportar o reservatório, além de empregar uma maior quantidade de tubulações.

Na situação (b), a água também seria captada na cobertura, levada ao reservatório semienterrado de águas brutas no centro do terreno e filtrada no local. Sua diferença em relação à situação anterior se deve à transferência da água para o reservatório enterrado de águas tratadas. O abastecimento dos quatro pontos de água seria efetuado pela utilização de dois conjuntos moto bomba. Considerando que o uso desta água é secundário, pode-se deduzir que existiria alguém responsável por fazer a manutenção das áreas comuns. Contudo, esta situação não é tida como ideal por haver a necessidade de ligar a bomba cada vez que um ponto fosse utilizado.

Na situação (c), a água seria captada na cobertura, levada ao reservatório semienterrado de águas brutas no centro do terreno, filtrada no local e transferida, através do conjunto motobomba, para um reservatório de água tratada, elevado a 3 metros. Cada edifício contaria com um ponto de água (totalizando quatro pontos de água), dispensando o uso de bombas. Optou-se por esta situação, levando em consideração o desafio de posicionar um reservatório elevado no centro do que seria a área social do condomínio. Para tal, trabalhou-se na integração do volume com o paisagismo. O dimensionamento das bitolas destas novas colunas, de abastecimento dos pontos com águas pluviais, foi realizado com base NBR 5626 (ABNT, 1998); que indicou a adoção de bitolas DN 20 mm. A Figura 5 traz imagens do projeto escolhido.

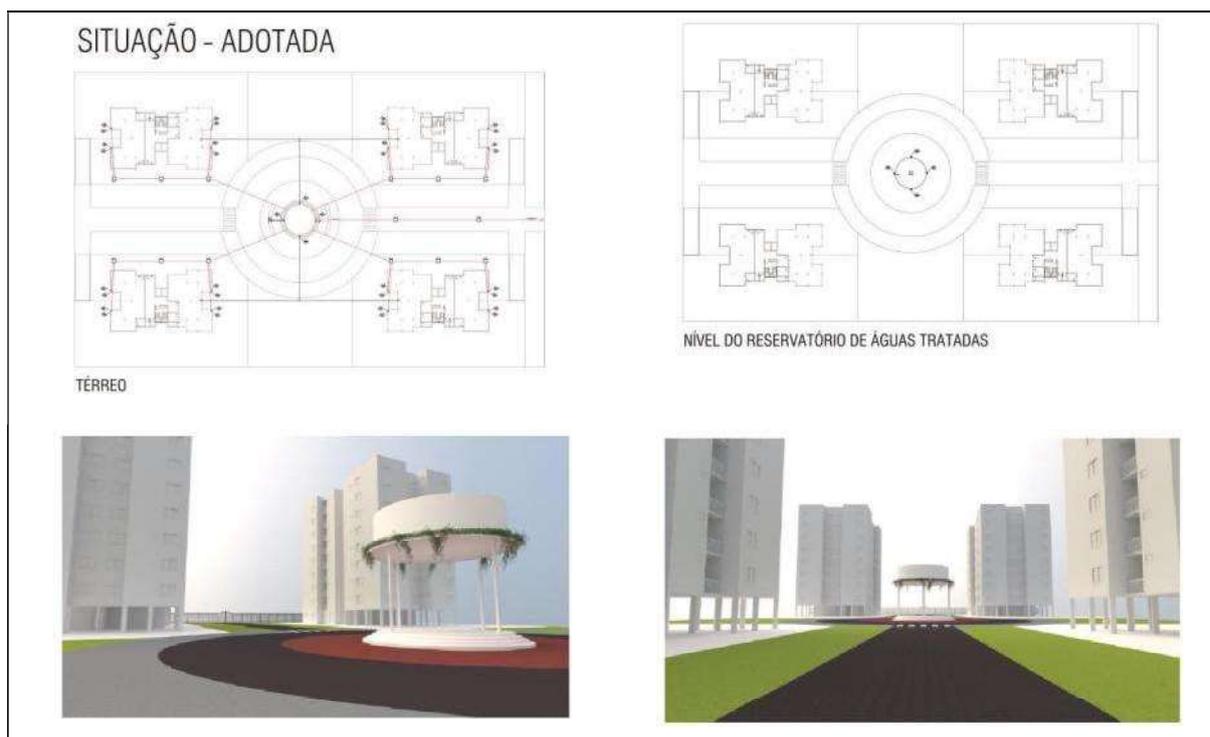


Figura 5. Projeto do sistema escolhido. (Elaborado pelos autores)

Foi previsto um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial, conhecido como *first flush*. Ele é utilizado como um segundo filtro, que descarta possíveis detritos trazidos do telhado. Normalmente é captado entre 12,5 mm a 20 mm do escoamento superficial inicial e retido até seu descarte, que pode ocorrer de diferentes formas. Neste projeto, foi utilizado o tubo vertical com válvula esférica, uma “bola” esférica que, de acordo com o volume de água, veda uma superfície fixa localizada abaixo da saída para o reservatório de água bruta.

4.5. Net Zero Water Building

Para esta situação, foi calculada a menor área de telhado necessária para suprir o consumo total da edificação em estudo. Para tal, foi considerado o uso de água pluvial em todos os aparelhos sanitários do prédio + lavagem de piso por 2 horas + irrigação de jardim + lavagem de automóveis. Esta situação foi calculada para fins de comparação com os resultados obtidos, não sendo possível sua aplicação no estado do Rio de Janeiro devido às restrições da legislação vigente. A Tabela 3 traz os resultados obtidos, indicando que seria necessária uma área de telhado igual a 2.828,1 m² para atender a demanda total da edificação, ou seja, caracterizando a situação de NZWB.

4.5. Orientações para projetos de Arquitetura considerando o conceito de NZWB

Com base no estudo realizado e apresentado neste artigo, são propostas as seguintes orientações para a elaboração de projetos de Arquitetura com o conceito de NZWB:

- dispor de área de captação para recolhimento de grande volume de água de chuva;
- dispor de área de cobertura para abrigar um segundo reservatório superior, de aproveitamento de água de chuva;
- considerar os usos da água pluvial e a demanda da edificação para projetar;
- dispor de espaço no térreo (ou subsolo) para abrigar o reservatório de águas a serem tratadas;
- considerar a troca ou utilização de aparelhos economizadores no projeto, que demandam menos água que os tradicionais (tornando o aproveitamento de água de chuva mais efetivo);

- estudar os edifícios caso a caso para melhor implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Tabela 3. Dimensionamento da cobertura da edificação considerando NZWB

Mês	Média histórica mensal pluviométrica (mm)	Consumo Total (m ³)	Volume chuva no telhado (m ³)	Área telhado (m ²)
Jan	150,06	86,5	86,5	576,1
Fev	91,15	96,0	96,0	1052,9
Mar	128,32	90,1	90,1	701,8
Abr	91,33	97,8	97,8	1070,5
Mai	74,14	97,0	97,0	1308,3
Jun	64,49	105,1	105,1	1629,7
Jul	51,84	106,6	106,6	2057,0
Ago	38,07	107,7	107,7	2828,1
Set	59,88	94,8	94,8	1583,5
Out	79,81	93,1	93,1	1167,0
Nov	104,56	82,2	82,2	786,3
Dez	132,82	86,8	86,8	653,8

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo propor um projeto de aproveitamento de águas pluviais em uma edificação multifamiliar, tendo como base o conceito de NZWB. Constatou-se pequena economia de água potável após a implantação do projeto proposto, em virtude de três fatores: as limitações da legislação local quanto aos possíveis usos para esta água; a pequena área de captação disponível na cobertura do edifício estudado; e a disponibilidade de área para posicionamento do reservatório de acumulação de água de chuva.

A pequena área de cobertura foi o principal agente limitador. Conforme apresentado anteriormente, algumas alternativas foram descartadas em virtude de demandarem uma área de captação muito maior para que sua demanda fosse suprida. Além disso, é preciso considerar os impactos de um reservatório de aproveitamento de águas pluviais sobre a estrutura e sua influência na sustentabilidade do projeto. Considerando que o reservatório projetado é cerca de sete vezes maior que o previsto pela norma local, fica claro que o mesmo possui pouca versatilidade quando diz respeito a sua implementação em edifícios já construídos que não dispõem de área livre suficiente.

Para que esta edificação atingisse o status de edifício NZWB, que levaria a economia de recurso ambiental e também financeira, algumas questões deveriam ser reconsideradas, tais como: a legislação brasileira para aproveitamento de águas pluviais, que possui diversos entraves, como a restrição da alimentação de alguns aparelhos sanitários por água pluvial ou de reuso; e a área de captação do projeto, visto que esse foi um fator que eliminou diversas situações estudadas. Também deveriam ser conjugadas mais ações, como o emprego de aparelhos economizadores, e o tratamento e reuso de águas cinza. Os aparelhos economizadores reduziram a vazão de projeto, economizando água potável e diminuindo os desperdícios. O sistema de reuso de águas cinza, além de atuar na redução do consumo, também afetaria na quantidade de esgoto gerada e na sua qualidade.

Esta é a primeira etapa de uma pesquisa em andamento, que tem como próximas etapas:

- propor a substituição dos aparelhos sanitários tradicionais por aparelhos economizadores;
- avaliar o percentual de economia que essa mudança produziria, levando-se em consideração os custos para sua implantação e a economia que a mesma geraria;
- avaliar a possibilidade de implantação de um sistema de reuso de águas cinza no edifício em questão, quantificando a vazão do efluente gerado e destacando quais usos poderiam ser cobertos por ele, com elaboração de um projeto que contemple todo o processo;
- calcular a economia de água potável considerando a implantação tanto do sistema de captação de água de chuva quanto do reuso de águas cinza;
- fazer o orçamento para a implantação do sistema na edificação em estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1998) NBR 5626: *Instalação predial de água fria*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2006) *Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2007) NBR 15527: *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*. Rio de Janeiro.
- Brasil (2007). *Lei de Saneamento Básico, Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007*. Brasília, DF.
- Englehardt, J. D., Wu, T., Bloetscher, F., Deng, Y., Du Pisani, P., Eilert, S., Tchobanoglous, G. (2016). *Net-zero water management: Achieving energy-positive municipal water supply*. *Environmental Science: Water Research and Technology*. Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c5ew00204d>
- EPA - United States Environmental Protection Agency (2018). *Net Zero Concepts and Definitions*. Disponível em: <<https://www.epa.gov/water-research/net-zero-concepts-and-definitions>>. Acesso em: 28 março 2018.
- Joustra, C. M., & Yeh, D. H. (2015a). *Framework for net-zero and net-positive building water cycle management*. *Building Research and Information*, 43(1), 121–132. <https://doi.org/10.1080/09613218.2015.961002>
- Joustra, C., & Yeh, D. (2015b). *Decision support modeling for net-zero water buildings*. In *Proceedings - Winter Simulation Conference (Vol. 2015-January, pp. 3176–3187)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/WSC.2014.7020154>
- Miguez, M.G.; Veról, A.P.; Rezende, O.M. (2015) *Drenagem Urbana: do Projeto Tradicional à Sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Ministério do Planejamento e Orçamento (2003). *DTA F3: Código de Prática de Projeto e Execução de Sistemas Prediais de Água - Conservação de Água em Edifícios*. MPO, Secretaria de Política e Urbana.
- Rio de Janeiro – Município (2005). *Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro*. *Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto nº 23940 de 30 de janeiro de 2004*.
- Veról, A.P.; Vazquez, E. G.; Miguez, M.G. (2018). *Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários: Projetos Práticos e Sustentáveis*. Rio de Janeiro, Elsevier, 2018.