



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MARCELA VEIGA DE ALBUQUERQUE

SOLUÇÃO DE UM SISTEMA DE INSTALAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL
COM O REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA CAPTADA

RECIFE

201

MARCELA VEIGA DE ALBUQUERQUE

**SOLUÇÃO DE UM SISTEMA DE INSTALAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL COM O
REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA CAPTADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Pernambuco como
requisito para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Área de concentração: Instalação Pluvial

Orientador: Prof. Tahyara Barbalho Fontoura

RECIFE

2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

A345s Albuquerque, Marcela Veiga de.

Solução de um sistema de instalação de água pluvial com o reaproveitamento da água captada/ Marcela Veiga de Albuquerque .- 2017.

79 folhas, il.

Orientadora: Prof^a. Msc. Tahyara Barbalho Fontoura.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Departamento de Engenharia Civil, 2017.

Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Captação anti-vórtice. 3. Instalação pluvial.
4. Reutilização da água pluvial. I. Fontoura, Tahyara Barbalho (Orientadora). II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**PARECER DA COMISSÃO DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO I**

MARCELA VEIGA DE ALBUQUERQUE

**SOLUÇÃO DE UM SISTEMA DE INSTALAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL
COM O REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA CAPTADA**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Instalação Prediais

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato MARCELA VEIGA DE ALBUQUERQUE **APROVADO COM NOTA** 8,77.

Recife, 31 de janeiro de 2017.

Prof(a). Msc. Tahyara Barbalho Fontoura (Orientadora)

Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva

Msc. Daniela Josefa da Silva

Dedico este trabalho aos meus pais, Marcos e Ligia, alicerces da minha formação pessoal e profissional. A Lucas, pelo constante apoio em toda a trajetória. A meu tio Paulo Albuquerque, pelo suporte profissional.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos pelo amor, dedicação, incentivo e paciência em todos os momentos.

Aos tios, tias, primos e avós pelo apoio incondicional.

À minha orientadora, Tahyara Barbalho Fontoura, pelo suporte, apoio e pelas correções.

Aos meus colegas de trabalho pelo suporte e ajuda que tornaram possível este trabalho.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que foram fundamentais para essa etapa decisiva na minha vida.

RESUMO

O mercado da engenharia civil está sempre em busca de inovações que tragam benefícios aos consumidores. Com o passar do tempo, surgiu a necessidade de regulamentação da captação e destinação das águas coletadas da chuva, por isso criou-se a norma NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais. Além disso, foram desenvolvidas opções para concepção e execução de construções que reduzem o desperdício de material e de mão de obra. O presente trabalho tem como finalidade mostrar o sistema convencional de captação de água e o sistema de captação anti-vórtice para o reaproveitamento da água captada, em um estudo de caso, explicitando as peculiaridades de cada um. A obra analisada está situada em Olinda- PE, região que apresenta ocorrências de chuvas bastante elevadas. A análise foi realizada utilizando dados dos projetos, orçamento, produtividade e informações coletadas por meio dos participantes da obra. Foi possível verificar a viabilidade econômica de cada sistema e, por fim, concluiu-se se a reutilização das águas pluviais trará uma economia.

Palavras-chave: Captação Anti-vórtice. Instalação pluvial. Reutilização da água pluvial.

ABSTRACT

The business of civil engineering is always looking for innovations that bring benefits for consumers. NBR 10844:1989 was created because the necessity of regulation of pluvial capture water. In addition options of constructions that reduce waste of material and labour was developed. This present work has the propose to show the systems of water capture conventionally and the anti vortices system reusing the water from the rain in a case of study explaining the peculiarity of each one. The shell work parsed is in Olinda-PE, the region presents a big occurrence of rain. The analysis was made using data from the project, cost, productivity and peoples' information. It was possible to verify the economical viability of each system and conclude if the reuse of the water brought economy.

Key words: Anti vortices capture. Pluvial installation. Reuse water from the rain.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Múltiplos usos da água.....	16
Figura 2 - Sistema convencional.....	24
Figura 3 - Sistema com captadores anti-vórtice	24
Figura 4. Captadores anti-vórtice	26
Figura 5 - Captadores anti-vórtice	27
Figura 6- Tipos de captadores utilizados pela Geberit.....	27
Figura 7 - Captador utilizado pela Sanint-Gobain Canalizações	28
Figura 8 - Tubo de ferro fundido	29
Figura 9 - Tubo de polietileno de alta densidade	29
Figura 10 - Juntas Rapid	30
Figura 11 - Aumento da tubulação no final da rede.....	31
Figura 12 - Caixa da água pluvial	31
Figura 13 - Instalações	32
Figura 14 - Captador instalado na calha.....	33
Figura 15. Instalação do captador sob a laje	34
Figura 16 - Fixação dos condutores horizontais	34
Figura 17 - Fixação dos tubos de queda.....	35
Figura 18 - Abraçadeiras dentadas.....	36
Figura 19 - Conjunto de ancoragem instalados verticalmente e horizontalmente	37
Figura 20 - Tê de visita no final de cada coluna	38
Figura 21 - Manutenção do tê de visita.....	39
Figura 22 - Utilização da Junta Rapid.....	40
Figura 23 - Deflexão na tubulação	40
Figura 24 - Deflexão dos tubos	40
Figura 25 - Corte da tubulação utilizando serra de disco motorizada.....	41
Figura 26 - Sistema com volume de retenção	44
Figura 27 - Localização do empreendimento.....	46
Figura 28 - Obra em estudo.....	47
Figura 29 - Planta da obra	48

Figura 30 - Suporte da tubulação	52
Figura 31 - Conexões e tubulações acopladas pela Junta Rapid.....	52
Figura 32 - Vista frontal da caixa metálica	53
Figura 33 - Vista frontal da caixa metálica	54
Figura 34 - Grelha da caixa metálica	54
Figura 35 - Furo e desgaste na laje para colocação da caixa metálica.....	55
Figura 36 - Limpeza da laje	56
Figura 37 - Adesivo estrutural tixotrópico Componentes A e B.....	56
Figura 38 - Aplicação do adesivo estrutural tixotrópico.....	57
Figura 39 - Alargamento da caixa metálica	58
Figura 40 - Material utilizado para colagem da chapa inox na caixa metálica	59
Figura 41 - Limpeza e aplicação do silicone na parte inferior do captador	59
Figura 42 - Colocação do captador na caixa metálica.....	60
Figura 43 - Colocação do captador na caixa metálica.....	61
Figura 44 - Vedação e acabamento na superfície do captador.....	61
Figura 45 - Acoplamento do captador com a tubulação	62
Figura 46 - Acabamento na parte inferior.....	63
Figura 47 - Material usado na impermeabilização	63
Figura 48 - Camadas de impermeabilização sob caixa metálica	64
Figura 49 - Suportes metálicos das prumadas.....	65
Figura 50 - Prumada do sistema.....	66
Figura 51 - Caixa metálica para instalação pluvial convencional.....	67
Figura 52 - Prumadas descendo pelos shafts próximo a escada	68
Figura 53 - Pintura da tubulação de água pluvial acoplada no ralo	69
Figura 54 - Reservatório de reuso	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Multiplicativo da vazão de projeto	19
Tabela 2 - Rugosidade da calha	19
Tabela 3 - Área da calha semi circular	20
Tabela 4 - Diâmetro condutor vertical.....	21
Tabela 5 - Parâmetro para definir qualidade da água	44
Tabela 6 - Produtividade sistema convencional	71
Tabela 7 - Produtividade sistema convencional	72
Tabela 8 - Taxa de consumo de água.....	74
Tabela 9 - Estimativa do consumo diário.....	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativas	14
1.2	Objetivos gerais e específicos	14
1.2.1	Objetivos gerais.....	14
1.2.2	Objetivos específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Captação de Água Pluvial na Construção Civil.....	16
2.1.1	Considerações iniciais	16
2.1.2	Sistema Convencional de captação de águas pluviais.....	17
2.1.2.1	<i>Aspectos iniciais</i>	<i>17</i>
2.1.2.2	<i>Fatores meteorológicos</i>	<i>18</i>
2.1.2.3	<i>Dimensionamento</i>	<i>18</i>
2.1.2.4	<i>Vazão de projeto e área de contribuição</i>	<i>19</i>
2.1.2.5	<i>Calha</i>	<i>20</i>
2.1.2.6	<i>Condutores</i>	<i>21</i>
2.1.2.7	<i>Ralos</i>	<i>22</i>
2.1.3	Sistema de captação com captadores anti-vórtice	22
2.1.3.1	<i>Considerações iniciais</i>	<i>22</i>
2.1.3.2	<i>O sistema</i>	<i>23</i>
2.1.3.3	<i>O captador.....</i>	<i>25</i>
2.1.3.4	<i>Condutores verticais e horizontais</i>	<i>28</i>
2.1.3.5	<i>Junta Rapid.....</i>	<i>29</i>
2.1.3.6	<i>Zona de descompressão.....</i>	<i>30</i>
2.1.3.7	<i>Processo Executivo.....</i>	<i>32</i>
2.1.3.7.1	<i>Instalação do Captador.....</i>	<i>32</i>
2.1.3.7.2	<i>Fixação e suportaçoão da tubulaçoão</i>	<i>34</i>
2.1.3.7.3	<i>Tê de visita.....</i>	<i>37</i>
2.1.3.7.4	<i>Junta Rapid.....</i>	<i>39</i>

2.1.3.7.5	<i>Cortes na tubulação</i>	41
2.1.3.7.6	<i>Pós-execução</i>	41
2.2	Aproveitamento da água da chuva	42
2.2.1	Considerações iniciais	42
2.2.2	Qualidade da água	44
2.2.3	Bombeamento	45
2.2.4	Filtros de areia	45
3	INSTALAÇÃO PLUVIAL	46
3.1	Estudo de caso	46
3.1.1	Características da obra em estudo	46
3.1.2	Considerações Iniciais	48
3.1.3	Escolha do sistema de instalação pluvial	49
3.1.4	O dimensionamento do sistema anti-vórtice	50
3.1.4.1	<i>Instalação da tubulação do sistema de captação anti-vórtice</i>	51
3.1.5	Instalação da tubulação do sistema convencional	66
3.1.6	Produtividade da instalação	69
3.1.7	Custo: Comparação entre os sistemas	71
3.1.8	Reutilização e reserva da água captada	71
4	VIABILIDADE ECONÔMICA	73
5	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

O mercado da engenharia civil está sempre em busca de inovações que tragam benefícios aos consumidores, apresentando opções para concepção e execução de construções que reduzam o desperdício de material e mão de obra. Com o passar do tempo, surgiu a necessidade de regulamentação da captação e destinação das águas coletadas da chuva. Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989), os objetivos de uma instalação pluvial são permitir recolher e conduzir as águas da chuva até um local adequado. A partir desse local, a água pode servir tanto para reutilização quanto pode ser destinada para outros lugares.

Métodos de captação de água pluvial - tanto para reaproveitamento, como para direcionamento dessa água para afluentes - já foram empregados no mundo há cerca de quatro mil anos atrás, por exemplo, no deserto de Negev, (Plínio.2011). Os Mayas e Aztecas também já entendiam os benefícios do reutilização da água da chuva (Plínio, 2011). Atualmente, em países que se encontram abaixo do nível do mar, como a Holanda, essa captação previne o transbordamento dos canais que rodeiam as cidades. Nesse sentido, o projeto pretende sugerir soluções para o reaproveitamento dessa água e destacar os benefícios.

A obra em análise está situada em Olinda- PE, região que apresenta ocorrências de chuvas intensas. A captação da cobertura em estudo é de 12.000 m² e possui peculiaridades por apresentar poucos shafts , limitação da altura do forro e grandes vãos.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), a inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, com o valor mínimo de 0,5%. Esse valor tão preciso se deve à boa funcionalidade do sistema, pois garante que a água possa escoar apenas com a presença da gravidade. Na obra estudada, essa especificação inviabilizaria o projeto, já que o mesmo possui uma limitação de inclinação para as tubulações devido ao forro.

Esse impasse para a implementação do sistema convencional de captação de água em toda a obra resultou na opção por um sistema de captação anti-vórtice que reduz as quantidades de colunas e permite a instalação das tubulações sem inclinação, atendendo, assim, as demandas da construção.

O presente projeto tem por finalidade mostrar o sistema convencional de captação de água e o sistema de captação anti-vórtice com o reaproveitamento da água captada, em um estudo de caso, explicitando as peculiaridades de cada um e o porquê de o sistema anti-vórtice ter sido considerado o mais adequado para uma determinada área da obra em estudo.

1.1 Justificativas

Certos projetos arquitetônicos, assim como determinados telhados de modernas construções podem transformar as instalações de redes de drenagem pluvial numa tarefa trabalhosa e difícil. Com a criação da Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), surgem critérios para tornar as estruturas mais confortáveis e adequadas para a população. Da mesma forma, a demanda por materiais mais modernos e que tragam um melhor conforto cresce.

Diante do grande progresso do ramo da engenharia civil, a questão da produtividade dos serviços é um ponto que a cada dia ganha mais relevância. Um material que dê celeridade no método de construção é de grande interesse para as construtoras, já que o aumento da produtividade fornece um menor custo de mão de obra e de tempo. Outra questão de grande interesse para a área é a da maior flexibilidade arquitetônica, já que, ao utilizar esse tipo de sistema, é proporcionada maior liberdade, pois diminui consideravelmente a quantidade de colunas e não necessita de caimento nas tubulações.

Segundo a revista EXAME, cerca de 40% da população já sofre as consequências da escassez de água. Em algumas regiões, a oferta anual de água é de cerca de 1700 metros cúbicos que é o limite mínimo por habitante, segundo a ONU, e a situação tende a piorar devido à utilização indiscriminada da água.

Diante desse panorama, esse projeto pretende expor uma solução para captação de água da chuva em uma obra de grande porte e compreender como a utilização dessa água pode contribuir para diminuir o desperdício de água potável.

1.2 Objetivos gerais e específicos

1.2.1 Objetivos gerais

Esse trabalho tem como objetivo mostrar dois métodos de captação das águas pluviais, o convencional e o de captação por captadores anti-vórtice s, explicando as peculiaridades de cada um. É, também, objetivo do trabalho o entendimento da destinação e reaproveitamento da água captada. A partir das informações coletadas, pretende-se, por fim, discorrer qual o melhor método de captação para cada parte da obra em estudo.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral do trabalho, são necessários os seguintes objetivos específicos:

- a) Entender as soluções convencionais de instalação pluvial e de captação anti-vórtice;
- b) Analisar método de execução de cada solução;
- c) Calcular os custos relativos de cada sistema;
- d) Analisar a viabilidade econômica de cada sistema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

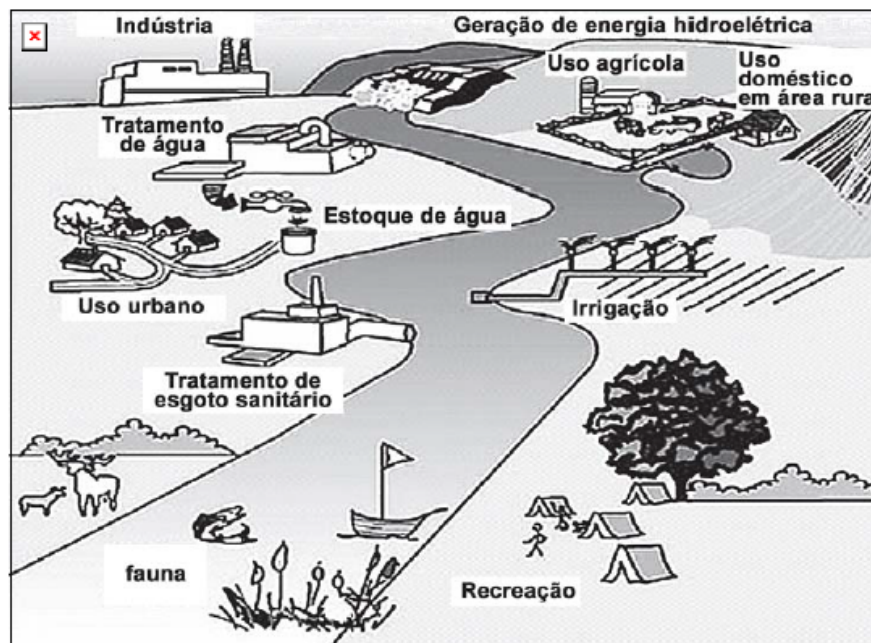
2.1 Captação de Água Pluvial na Construção Civil

2.1.1 Considerações iniciais

A água da chuva é o principal elemento desse trabalho. Chuva (do latim *pluvia*) é um fenômeno meteorológico que acontece quando gotas de água líquidas ou sólidas das nuvens precipitam sobre a superfície terrestre. A água das nuvens é formada pela evaporação dos lagos, rios, oceanos.

A chuva tem um papel importante na manutenção da vida na Terra: infiltração e renovação dos lençóis que emergem formando nascentes de rios, absorção da água pelas raízes das plantas, alimentação para os seres vivos, captação e aproveitamento da água. Ou seja, ela tem múltiplos usos que beneficiam os seres humanos. Na Figura 1, podemos observar algumas dessas utilizações:

Figura 1 - Múltiplos usos da água.



Fonte: GONÇALVES (2009)

A cobertura das edificações tem a função de proteger as áreas, impedindo a entrada da água da chuva. Sabe-se que a água é um dos elementos mais corrosivos às peças estruturais, portanto um correto direcionamento faz-se necessário para a manutenção das estruturas. A água da chuva que fica retida na coberta é conduzida, geralmente, por meio de calhas, condutores, grelhas, caixa de areia, caixa de passagem para um destino adequado.

As instalações prediais de água pluviais seguem a norma NBR 10844 (ABNT, 1989) que define que um projeto de instalações pluviais deve observar exigências como:

- Recolher e conduzir a Vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais;
- Ser estanque;
- Permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação;
- Absorver os esforços provocados pelas variações térmicas às quais as instalações estão submetidas;
- Quando as instalações forem passivas de choque mecânicos, devem ser constituídas de materiais resistentes às intempéries;
- Nos componentes expostos, utilizar materiais resistentes às intempéries;
- Nos componentes em contato com outros materiais, utilizar materiais compatíveis;
- Não provocar ruídos excessivos;
- As instalações devem resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- Fixar as instalações de maneira a assegurar resistência e durabilidade.

As instalações pluviais na construção civil visam à melhoria dos sistemas de captação da água, tendo sempre em vista a qualidade e satisfação dos clientes.

2.1.2 Sistema Convencional de captação de águas pluviais

2.1.2.1 Aspectos iniciais

Para dimensionamento das instalações pluviais convencionais, primeiramente, deve-se entender os itens que as constituem:

- Calha: é a canalização que é responsável por recolher a água da cobertura, dos terraços e conduzi-la para o ponto desejado. Em áreas e pátios abertos, utilizam-se canaletas abertas ou recobertas por grelha;
- Caixa de areia: caixa utilizada em condutores horizontais que é destinada ao recolhimento de detritos;
- Conductor horizontal: tubulação horizontal que conduz a água até os locais desejados;
- Conductor vertical: tubulação destinada a conduzir as águas da calha para os coletores horizontais;
- Ralo: tampa gradeada que se coloca no bocal de uma canalização no nível do piso para permitir o escoamento das águas e impedir o entupimento devido aos detritos.

Esses componentes que constituem a canalização do sistema convencional podem ser constituídos dos mais variados materiais: alumínio, alvenaria, concreto, PVC, ferro fundido, entre outros.

2.1.2.2 Fatores meteorológicos

Para o dimensionamento dos elementos constituintes da instalação pluvial deve-se ter conhecimento dos fatores meteorológicos a fim de determinar a intensidade pluviométrica da área a ser dimensionada. De acordo com Creder (2008), para se identificar a intensidade pluviométrica para fins de projeto, deve ser fixada a duração da precipitação e do período de retorno adequado com base nos índices pluviométricos locais.

2.1.2.3 Dimensionamento

De acordo com Macintyre (1990), a instalação pluvial em prédios de qualquer porte pode abranger dois tipos de casos:

1. Os elementos que constituem a rede de esgoto pluvial estão acima da galeria do logradouro público. Em casos desse tipo, a água da chuva é conduzida por gravidade;

2. Os elementos em questão estão em cota inferior ao logradouro público. Nesse caso, faz-se necessário bombas para encaminhamento dessa água.

Para o projeto em análise, o item dos elementos que são conduzidos por gravidade é considerado. Os elementos que constituem o sistema de captação pluvial devem ser dimensionados considerando chuvas intensas de curta duração, tendo em vista que possam permitir o perfeito escoamento de uma grande quantidade de água em pouco tempo.

Para isso, algumas definições são importantes:

- Altura pluviométrica: o volume de água precipitada por unidade de área;
- Intensidade pluviométrica: é a altura pluviométrica por unidade de tempo, i ;
- Duração de precipitação: é o intervalo de tempo que determinada intensidade pluviométrica dura;
- Período de retorno: é o número médio de anos em que uma mesma duração de precipitação de uma certa intensidade é ultrapassada ou igualada;
- Área de contribuição: É a área horizontal em que as águas precipitadas se dirigem para um mesmo ponto. Para o cálculo da área de contribuição, deve ser considerado um incremento devido à inclinação da cobertura e às paredes que interceptam a água da chuva;
- Tempo de concentração: É o tempo em que uma gota d'água leva para escoar do ponto mais afastado da área de contribuição até o local analisado;

2.1.2.4 Vazão de projeto e área de contribuição

A vazão de projeto, de acordo com Creder (2008), deve ser calculada pela fórmula:

$$Q = \frac{I \times A}{60}$$

Q = vazão de projeto, em litros/min;

i = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m^2 .

Para encontrar a área de contribuição de determinado caso A , deve-se observar na NBR10844 (ABNT, 1989) e aplicar as fórmulas referentes a cada tipo de cobertura.

2.1.2.5 Calha

O empoçamento deve ser evitado e possuir a declividade mínima de 0,5% para garantir que a água escorra para os pontos de drenagem previstos. Já o emprego das calhas ou platibandas devem ser uniformes e no mínimo de 0,5%. Quando a saída estiver a menos de 4m de uma mudança de direção, a vazão do projeto deve ser multiplicada pelos fatores da tabela 1:

Tabela 1 - Multiplicativo da vazão de projeto.

Tipos de Curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2 a 4m da saída da calha
Canto Reto	1,2	1,1
Canto Arredondado	1,1	1,05

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

O dimensionamento das calhas deve ser feito de acordo com a fórmula de Manning-Strickler e com o uso das Tabelas 2 e 3:

$$Q = k \frac{S}{n} R h^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

Q= vazão de projeto, em litros/min;

S=área da seção molhada, em m²;

n= coeficiente de rugosidade;

Rh= raio hidráulico;

k= 60000.

Tabela 2 - Rugosidade da calha.

Material	<u>n</u>
plástico, fibrocimento, aço, materiais não ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não alisado	0,013
alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

Tabela 3 - Área da calha semi circular.

Área drenada superfície projetada em (m²)	Declividade da calha semicircular											
	0,20%		0,30%		0,50%		1%		1,50%		2%	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
20	50	0,12	45	11	40	0,11	30	9	25	8	22	8
30	70	0,14	60	13	50	0,12	40	10	35	9	30	9
40	80	0,16	70	14	60	0,13	50	12	40	10	35	9
50	95	0,16	85	14	70	0,14	55	12	50	12	45	11
60	110	0,18	95	16	80	0,14	60	12	55	12	50	12
70	120	0,19	105	16	90	0,15	70	14	60	12	55	12
80	135	0,19	115	17	100	0,16	75	14	65	13	60	12
90	145	0,19	125	18	105	0,16	85	15	70	14	65	13
100	155	0,2	135	19	115	0,17	90	15	80	14	70	14
110	170	0,21	145	19	120	0,18	95	16	85	15	75	14
120	180	0,22	155	20	130	0,18	100	16	90	15	80	14
130	190	0,22	165	21	135	0,19	105	17	95	16	85	15
140	200	0,23	170	21	145	0,19	115	17	100	16	90	15
150	210	0,23	180	22	150	0,2	120	18	105	17	95	16
160	220	0,24	190	22	160	0,2	125	18	110	17	100	16
170	230	0,24	200	23	165	0,21	130	18	115	17	100	16
180	240	0,25	205	23	170	0,21	135	19	120	18	105	17
200	255	0,26	220	24	185	0,22	145	19	125	18	115	17
250	300	0,28	260	26	215	0,24	170	21	145	20	135	19
300	340	0,3	295	27	245	0,25	195	23	165	21	150	20
350	380	0,31	330	29	275	0,27	215	24	185	22	170	21
400	420	0,33	365	31	305	0,28	235	25	205	23	185	22
450	460	0,34	395	32	330	0,29	255	26	225	24	200	23
500	490	0,36	425	33	355	0,3	280	27	240	25	215	24
600	560	0,38	485	35	405	0,32	315	29	275	27	245	25

S= Seção de escoamento em centímetros quadrados ; D= Diâmetro da calha em centímetros

Fonte: Macintyre (1990)

Para calhas retangulares, observa-se a proporção onde a base é o dobro da altura que favorece o escoamento da água presente na calha.

2.1.2.6 Condutores

Os condutores verticais são os responsáveis por levar a água das calhas e telhados até o local de lançamento (galerias pluviais, coletores públicos, rios). Os condutores não devem ser dimensionados considerando seções plenas e, na realização do cálculo, as perdas de carga que acontecem nas conexões e tubulações não podem ser precisadas, só quando são determinadas experimentalmente. Por isso, utilizam-se ábacos que consideram calhas com

saídas em arestas vivas e calhas com funil de saída e tabelas consagradas que forneçam os valores mais próximos possíveis.

Para um dimensionamento mais rigoroso, devem ser considerados a lamina d'água sobre o ralo e os desvios das colunas até a caixa de areia.

Já os condutores horizontais são aqueles que transportam a água de terraços, áreas abertas, pátios, quando sua declividade é baixa. Devem ser dimensionados para trabalhar em seção plena com uma declividade tal que vença as perdas de carga. Conhecendo a área a ser abordada, descobre-se facilmente o diâmetro do condutor utilizando a tabela abaixo.

Tabela 4 - Diâmetro condutor vertical.

Diâmetro Interno D (mm)	PVC, cobre, alumínio, fibrocimento n=0,011				Ferro Fundido, concreto alisado n=0,012				Cerâmica áspera, concreto mal-alisado n=0,013			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
63	59	84	118	168	55	77	108	154	50	71	100	142
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	169	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	628	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Macintyre (1990)

2.1.2.7 Ralos

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), o ralo é a caixa dotada de grelha que recebe águas pluviais. A grelha é a parte superficial do ralo que impede a entradas de corpos estranhos na caixa do ralo. Ela pode possuir diferentes formatos e composições.

2.1.3 Sistema de captação com captadores anti-vórtice

2.1.3.1 Considerações iniciais

O significado de vórtice é: um movimento em forma de espiral, rápido e forte de um fluido. Um dispositivo anti-vórtice reduz a movimentação circular que uma mistura adquire ao ser agitada em um reator, isto é, o vórtice. Quando ela adquire esses movimentos, tende a

formar um redemoinho em torno do eixo central, causando uma entrada de ar no interior da mistura. Dispositivos anti-vórtice s atuam impedindo a formação desses redemoinhos.

Durante o projeto e a instalação da rede pluvial de captadores anti-vórtice, o sistema utiliza a teoria de Bernoulli. De acordo com o Laboratório de Instrumentação para o Ensino de Física (2015), esse teorema afirma que: "Se a velocidade de uma partícula de um fluido aumenta enquanto ela se escoar ao longo de uma linha de corrente, a pressão do fluido deve diminuir e vice-versa", ou seja, a equação de Bernoulli rege a variação de pressão da água entre dois pontos.

Pela dinâmica do fluxo da água da chuva, a energia mecânica produzida é absorvida pelo sistema. O ar não entra na tubulação, porque o captador é equipado com mecanismos anti-vórtice s que criam uma pressão negativa e a consequência do efeito da sucção permite que as tubulações funcionem com a seção completamente cheia. Assim, em um fluxo equivalente para a mesma área de atuação, os diâmetros e o número de tubos são reduzidos e os tubos horizontais não precisam ser instalados com caimento que facilite o fluxo.

O sistema de captação anti-vórtice possibilita uma ótima solução para o escoamento de águas pluviais, já que esse requer um número reduzido de colunas, diâmetros otimizados e também necessita de menor tempo de instalação, contribuindo significativamente para a redução de custos.

2.1.3.2 O sistema

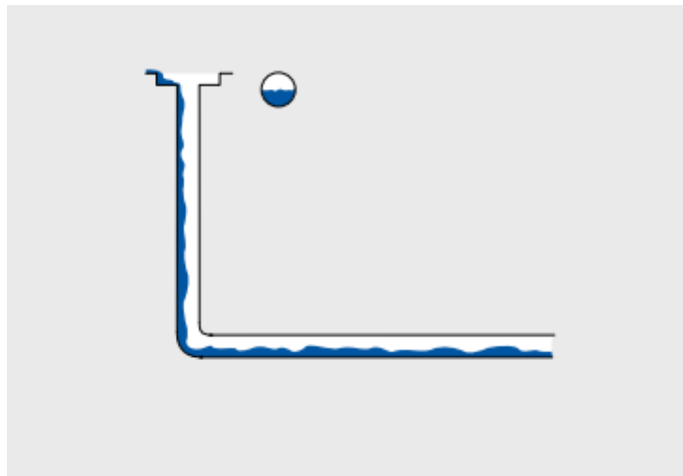
O sistema de captadores anti-vórtice s funciona com seção cheia, isto é, diferentemente do sistema convencional pluvial, o interior da tubulação enche por completo quando chove. Devido a um simples princípio físico, gera-se uma depressão induzida pela gravidade que drena a água de uma forma muito rápida e eficaz. A denominação “anti-vórtice ” (ou sistemas sinfônicos) é devida ao design do captador, que evita a criação de vórtices e, consequentemente, a entrada de ar no sistema.

O escoamento da água no sistema convencional de drenagem de telhado produz, na captação, um vórtice de ar, conforme o princípio de Coriolis, que causa uma perda de eficiência no sistema. Segundo a fabricante Saint-Gobain Canalizações, testes em laboratórios conseguiram demonstrar que, em uma tubulação de 100mm de diâmetro em que é permitida a entrada de ar, a relação entre o volume de ar e água corresponde, aproximadamente, a 35

litros de ar para cada litro de água escoada. Isso é uma informação muito importante, pois revela a ineficiência do uso de tubulações convencionais em algumas ocasiões, uma vez que é inaceitável uma perda dessa ordem.

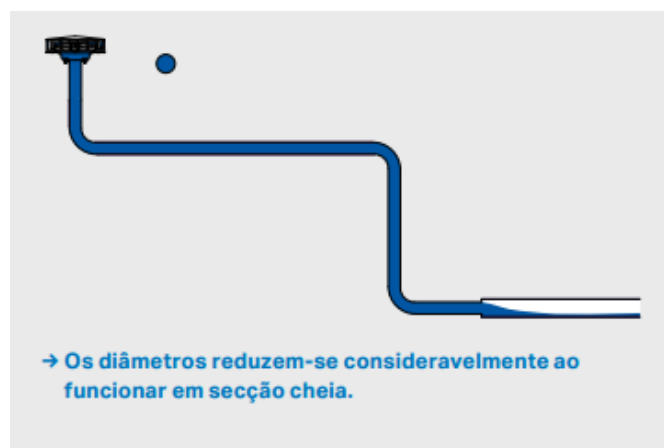
A norma NP EN 1253 - Norma Portuguesa que adota Normas Europeias número 1253 - “Ralos e sifões para edifícios” define os requisitos que devem ser cumpridos para que se possa drenar as águas pluviais corretamente, consoante ao que é definido pela norma EN 12056 para sistemas sinfônicos.

Figura 2 - Sistema convencional



Fonte: Geberit 2015

Figura 3 - Sistema com captadores anti-vórtice



Fonte: Geberit 2015

De acordo com as fabricantes, as vantagens de utilizar o sistema de captadores anti-vórtice são:

- Redução da quantidade de ralos;
- Menos tubos de queda e coletores;
- Maior produtividade na construção;
- Menor utilização de tubulações e captadores para uma maior superfície a ser drenada;
- Utilização em qualquer tipo de cobertura, não importando o design;
- Liberdade arquitetônica;
- Dispensa de declividades;
- Rapidez na instalação;
- Redução na quantidade de tubos;
- Conforto acústico;
- Não propaga fumaça;
- Resistente a impactos;
- Redução dos diâmetros;
- Manutenção reduzida.

O sistema pode ser instalado em diversas áreas:

- Coberturas de concreto com membranas de impermeabilização;
- Telhados canalizados de folhas de aço com membranas de impermeabilização;
- Telhados de madeira com membranas de impermeabilização;
- Telhados cobertos (ou revestidos) com diversos materiais;

Além disso, é uma solução ideal para construções maiores como fábricas, depósitos, shopping centers, aeroportos, hangares, hotéis e estádios, por exemplo.

2.1.3.3 O captador

O captador do sistema anti-vórtice é o ralo que dispõe de uma tecnologia capaz de impedir a entrada de ar na tubulação. Gera-se uma pressão negativa, portanto um efeito de sucção, fazendo com que a tubulação funcione a seção plena. Ele é a peça fundamental do sistema. Um ralo sinfônico pode drenar até 6 vezes mais do que um ralo convencional, para isso o seu design evita a entrada massiva de ar para o interior dos tubos por meio de uma peça

especial, designada por disco hidráulico, que interrompe a entrada natural da água em forma de vórtice.

Os captadores são constituídos por quatro partes:

1. Um dispositivo anti-vórtice /grelha que impede a formação do vórtice, indispensável para o funcionamento do sistema;
2. Chapa de aço inox 500 x 500 para garantir a melhor fixação na superfície em que será assentado o captador;
3. Cálice que proporciona o assentamento e a estanqueidade;
4. Tubo prolongador inferior para a conexão com a tubulação horizontal e as prumadas.

Figura 4. Partes do captadores anti-vórtice.



Fonte: Geberit 2015

Figura 5 - Captadores anti-vórtice.



Fonte: Saint-Gobain 2011

A empresa Geberit fabrica uma série de tipos de captadores, como mostra na figura 5, ideais para cada ocasião dependendo do tipo de cobertura, incidência de chuva e área de captação.

Figura 6- Tipos de captadores utilizados pela Geberit



Capacidade	14 l/s	14 l/s	14 l/s	19 l/s	25 l/s	25 l/s	25 l/s
Ø de saída	56 mm	56 mm	56 mm	75 mm	90 mm	90 mm	90 mm
Aplicação	Cobertura	Cobertura	Caleira	Caleira	Cobertura	Cobertura	Caleira
Material	Lâmina plástica	Betuminosa	Metal	Betão/ Metal	Lâmina plástica	Betuminosa	Metal

Fonte: Geberit 2015

Figura 7 - Captador utilizado pela Saint-Gobain Canalizações.



Fonte: Elaborado pela autora

2.1.3.4 Condutores verticais e horizontais

Por ser um sistema que trabalha a seção plena, a tubulação, que constitui uma grande parte do sistema, deve resistir a pressões negativas muito elevadas que são geradas quando o sistema é colocado em funcionamento. O captador é capaz de expulsar todo o ar interno, causando uma subpressão na rede.

Diante disso, os fabricantes desse tipo de sistema indicam a utilização do polietileno de alta densidade, como o PE100 e o PE80, ou tubos de ferro fundido. A tubulação constituída desses materiais fornece uma resistência mecânica elevada e um bom desempenho contra a abrasão por isso tubulações de PVC e outros materiais mais frágeis não são recomendados pelos fabricantes. Comparando-se os dois polietilenos, a menor densidade da matéria prima torna o PE80 o material mais adequado pelo seu menor peso e menor custo.

Além disso, as tubulações são fabricadas com 3m de comprimento.

Figura 8 - Tubo de ferro fundido.



Fonte: Saint-Gobain 2011

Figura 9 - Tubo de polietileno de alta densidade.



Fonte: Geberit 2015

2.1.3.5 Junta Rapid

Para união das tubulações e conexões, as empresas que fornecem esses materiais indicam a utilização de fixações chamadas de Juntas Rapid. As uniões convencionais feitas com lubrificantes, colas, bolsa e luva apropriadas são substituídas por juntas constituídas de aço inox que podem variar em tamanho seguindo a mesma bitola dos tubos. A junta é composta pela abraçadeira de aço inox, por um anel de borracha em EPDM (Etileno-Propileno-Dieno) e um parafuso allen em aço revestido.

Figura 10 - Juntas Rapid.



Fonte: Saint-Gobain 2011

A utilização da junta Rapid promove uma montagem fácil e rápida, diminuindo o tempo de instalação e aumentando a produtividade. Além disso, essa junta não utiliza nenhum tipo de cola, solvente, lubrificante ou solda, resiste a pressões de 0,5 bar, aceita deflexões angulares de 30 graus e a sua utilização possibilita a pré-montagem ou modificações de última hora.

2.1.3.6 Zona de descompressão

Após o fluxo de água passar pelos condutos horizontais e tubos de queda, o processo se torna um sistema convencional de água pluvial, uma vez que o sistema que trabalhava numa seção plena passa a trabalhar com uma meia seção. Assim, no final da rede pluvial com captadores anti-vórtice, existe uma zona de descompressão que pode ser causada de duas formas:

1. Aumento da tubulação no final da rede - Aumentar o diâmetro do tubo de queda, recuperando a porção de ar que tinha sido eliminada. Esse processo não é o mais recomendado devido ao aumento do tubo antes de entrar na caixa de água pluvial. Esse aumento seria desnecessário, visto que, na caixa, a tubulação já vai descomprimir por causa do ar que entra no sistema;
2. Instalação de uma caixa de água pluvial dimensionada para receber a água coletada. Ao invés de aumentar o diâmetro no trecho de desaceleração, é instalada uma caixa de águas pluviais, dimensionada para receber águas na vazão e velocidade consideradas. O tubo conectado à caixa de água pluvial é totalmente horizontal e tem um diâmetro

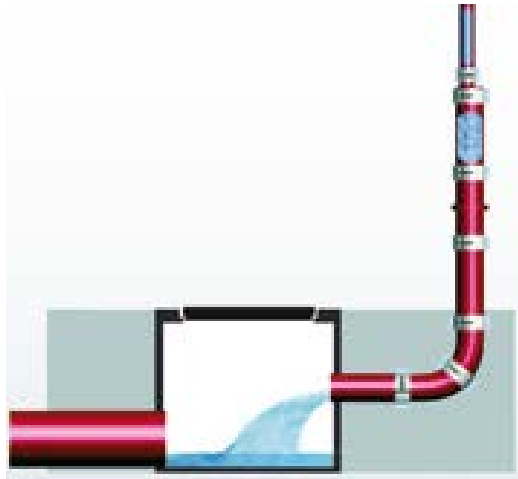
menor do que o de um sistema convencional. Não é necessário que as caixas de águas pluviais sejam ventiladas. O tubo de saída trabalha com pressão atmosférica e está preparado para assumir o mesmo volume que comporta o sistema com captadores anti-vórtices. Dessa forma, a transição entre ambos os sistemas faz-se de forma progressiva e suave. Esse método é o mais aconselhável.

Figura 11 - Aumento da tubulação no final da rede.



Fonte: Saint-Gobain 2011

Figura 12 - Caixa da água pluvial.



Fonte: Saint-Gobain 2011

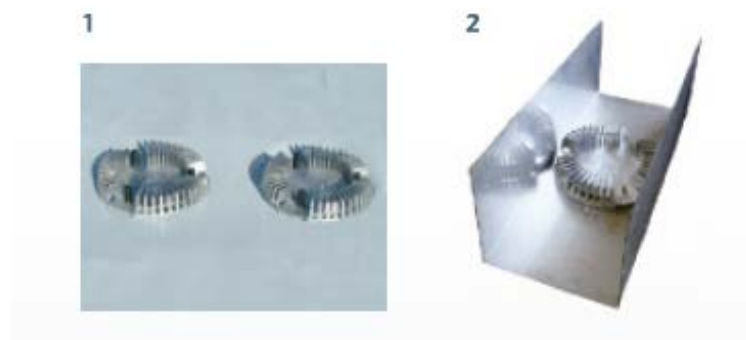
Recomenda-se que as caixas de água pluviais apenas recebam águas oriundas da chuva e de nenhuma outra instalação.

2.1.3.7 Processo Executivo

2.1.3.7.1 Instalação do Captador

As águas pluviais são captadas por meio de calhas ou por captadores instalados na própria laje que impedem a entrada de ar nas canalizações. Os captadores podem ser instalados em diversos tipos de superfícies, como: terraço, calhas de concreto, fibra, metálica, entre outros.

Figura 13 - Instalações dos captadores.



(1) Instalação na laje de concreto (2) Instalação em calha de alumínio

Fonte: Saint-Gobain 2011

Os captadores são fáceis de instalar:

- Espessura da chapa em aço inoxidável 500x500 estanhada é de 0,5 mm para facilitar a aplicação na superfície;
- No ponto de instalação do captador, a calha deve ter, no mínimo, 40 cm de largura;
- O captador pode ser instalado em lajes do tipo steel deck muito utilizadas atualmente.

Para a instalação do captador na calha:

1. A aba de inox pode ser removida;
2. Faz-se um furo na calha de 20 cm de diâmetro para passagem da água;
3. Utilizando o gabarito de furação, fazer a furação dos 6 parafusos;
4. Aplica-se veda-calha na parte superior do cálice e na parte inferior da calha. Em seguida, deve-se inserir o captador por baixo, prendendo com as porcas dos parafusos;

5. Finaliza-se a montagem, inserindo a grelha do captador por dentro da calha;
6. O fundo da calha deve estar devidamente reforçado para garantir a horizontalidade e funcionalidade do sistema.

Figura 14 - Captador instalado na calha.



Fonte: Saint-Gobain 2011

Para instalar o captador na laje:

De acordo com Cichinelli (2015), as condições iniciais para uma correta instalação consiste em já estarem definidas as áreas de contribuições e as posições dos captadores. No ponto em que vai ser assentado o captador, devem ser previstos um rebaixamento de 200mm por 45mm de profundidade para abrigar o cálice do captador, além de um furo atravessando a laje para transpassar o prolongador do captador. A laje deve estar regularizada para uma aplicação futura de uma manta de impermeabilização. Com as condições iniciais realizadas, seguem-se os próximos passos:

1. Um rebaixamento de 3 cm deve ser feito na laje, assim como um furo para passagem do pescoço no diâmetro correspondente.
2. A chapa de aço inox escovada deve ser assentada sobre a laje já regularizada sendo grauteado ou parafusado na estrutura de concreto;
3. A manta de impermeabilização é remontada sob a chapa de aço inox, confirmando a vedação entre a laje e o captador.

Figura 15. Instalação do captador sob a laje.

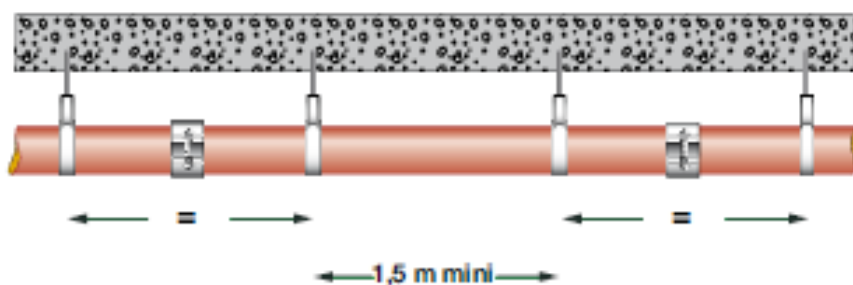


Fonte: Saint-Gobain 2011

2.1.3.7.2 Fixação e suportes da tubulação

A fixação da tubulação sob o teto pode ser feita por abraçadeiras, tirantes ou cantoneiras. Devido às características do sistema, a tubulação não necessita de nenhuma declividade. No projeto em estudo, foi indicada a utilização de suportes tipo gota que podem ser aplicados, assim como perfis metálicos/cantoneiras para a base e grampo tipo “U” para a fixação dos tubos na base. A recomendação geral para tubos na horizontal são dois por tubo de 3m de comprimento, devendo estar até no máximo 75cm a partir da ponta de ambos os lados do tubo. A distância ideal entre as suportações é de 1,5 m.

Figura 16 - Fixação dos condutores horizontais.

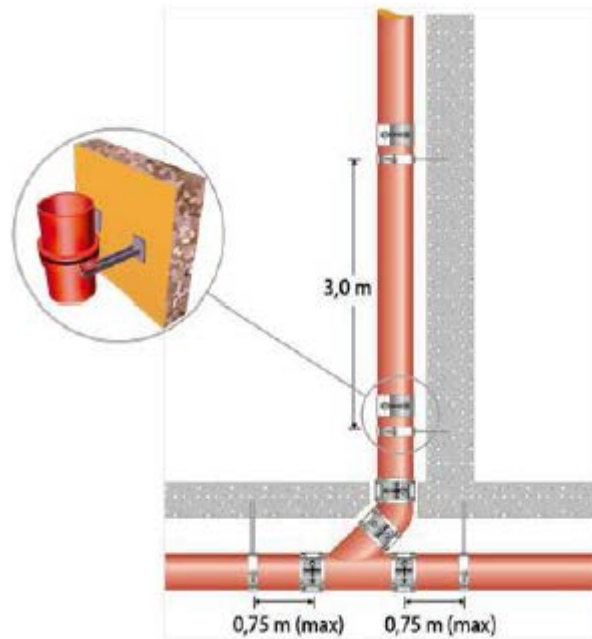


Fonte: Saint-Gobain 2011

Para instalações verticais, a ancoragem deve prevenir que o tubo caia. Nesse caso, é recomendado que, no mínimo, uma ancoragem seja colocada para cada tubo de 3m. No caso

da instalação tradicional, o ideal é que a ancoragem seja aplicada no primeiro metro da parte superior do tubo com ponta e bem próximo da bolsa. Grampos tipo “U” presos a suportes metálicos podem ser utilizados nesse tipo de suportação, sendo necessário um berço em borracha e em volta do grampo, a fim de evitar ruídos do contato entre a peça e a suporta o.

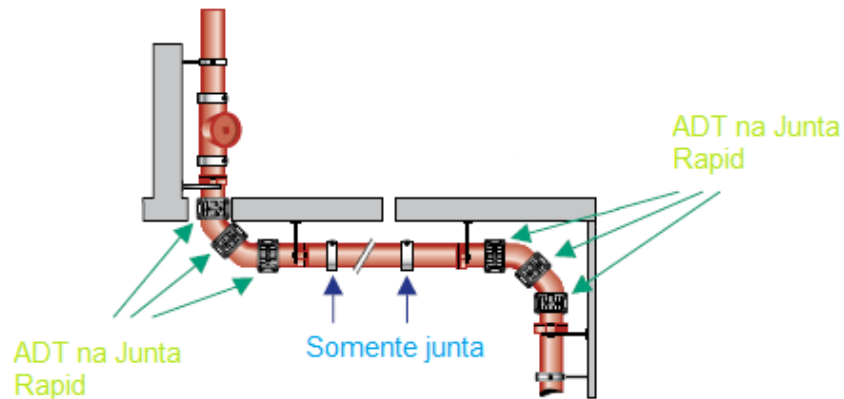
Figura 17 - Fixa o dos tubos de queda.



Fonte: Saint-Gobain 2011

Para o travamento da tubula o,   indicada, pelos fabricantes, a utiliza o de abraçadeiras dentadas (ADT). A utiliza o dessa abraçadeira garante uma maior fixa o dos componentes do sistema. A ADT   destinada a pontos onde podem ocorrer um “afrouxamento” da Junta Rapid, devido   movimentaa o gerada pela mudança do tipo de pressão aplicada no sistema (ora positiva e, posteriormente, negativa), geralmente, localizados nos trechos de mudança de dire o da tubula o e desvios.

Figura 18 - Abraçadeiras dentadas.



Fonte: Saint-Gobain 2011

Para a instalação da ADT, alguns passos precisam ser seguidos, segundo a fabricante Saint-Gobain:

1. A ADT deve ser inserida em cima da Junta Rapid , com os dentes posicionados nos tubos, de forma simétrica;



2. Parafusar a abraçadeira cuidadosamente, juntando as duas partes. Atenção para os dentes não ficarem em cima da junta;

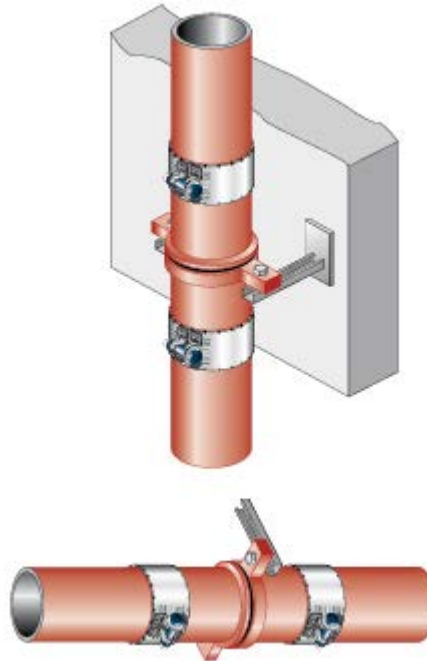


3. Apertar os parafusos em alternância, para que fiquem o mais correto possível, paralelo ao solo;



O conjunto de ancoragem é recomendado para suportar o peso dos tubos numa linha longitudinal. Na parte inferior da prumada, o conjunto deve suportar tanto o peso dos tubos, quanto o esforço de pressão axial. É considerado um conjunto de ancoragem por prumada e é recomendada a sua instalação no trecho que antecede a virada do pé da prumada.

Figura 19 - Conjunto de ancoragem instalados verticalmente e horizontalmente.



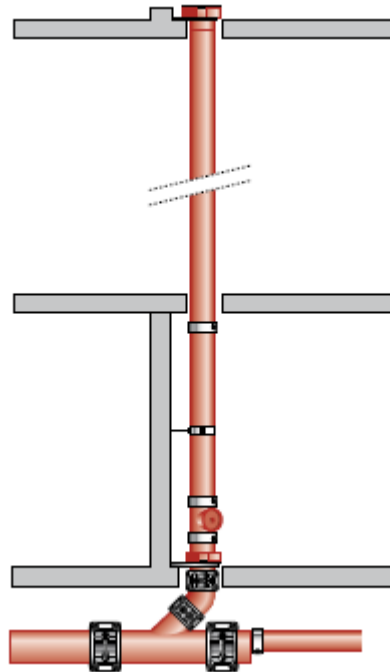
Fonte: Saint-Gobain 2011

2.1.3.7.3 Tê de visita

O acesso a cada prumada deve ser assegurado com a utilização de tês de visita, conforme previsto em norma, para manutenção e inspeção. É considerado nesse projeto

apenas um tê de visita por prumada. É recomendado que esse seja instalado imediatamente antes do conjunto de ancoragem, ou seja, na parte mais baixa da prumada.

Figura 20 - Tê de visita no final de cada coluna.

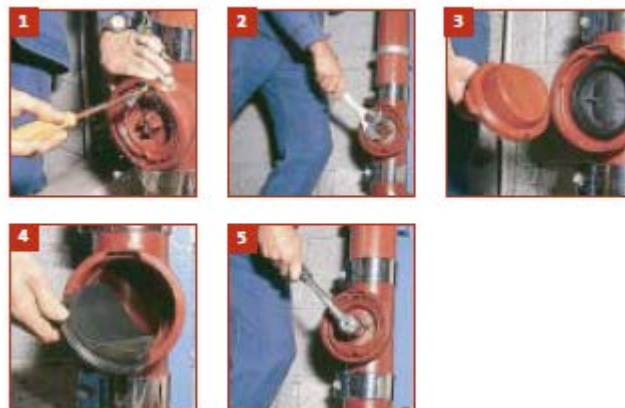


Fonte: Saint-Gobain 2011

A instalação do tê de visita é indicado pela NBR 8160 (ABNT, 1999):

Os dispositivos de inspeção devem ser instalados junto às curvas dos tubos de queda, de preferência à montante das mesmas, sempre que elas forem inatingíveis por dispositivos de limpeza introduzidos pelas caixas de inspeção ou pelos demais pontos de acesso.

Figura 21 - Manutenção do tê de visita



Fonte: Saint-Gobain 2011

O tê de visita combina segurança com simplicidade. Ele:

1. Permite que ocorra um alívio de pressão da rede antes da abertura do equipamento;
2. A junta tem um design para evitar obstrução do fluxo do sistema;
3. Apresenta facilidade para abrir e fechar.

2.1.3.7.4 Junta Rapid

Por ser de simples aplicação, a utilização da Junta Rapid fornece uma maior rapidez no processo. Primeiro, é acoplada, na conexão, a junta de bitola apropriada. Depois, une-se o tubo à conexão pela outra extremidade da junta e faz-se o travamento com a chave alle, empregando um torque necessário para a fixação do conjunto.

Figura 22 - Utilização da Junta Rapid.



Fonte: Saint-Gobain 2011

A utilização da Junta Rapid garante uma determinada deflexão nas tubulações que ajuda a vencer obstáculos sem a utilização de conexões.

Figura 23 - Deflexão na tubulação.



Fonte: Saint-Gobain 2011

O quanto o tubo pode sofrer deflexão vai depender da bitola do mesmo, definida pelas fabricantes do sistema.

Figura 24 - Deflexão dos tubos.

DN(mm)	Deflexão
50	3°
75	
100	
125	
150	
200	1° 45'
250	
300	
400	
500	
600	

Fonte: Saint-Gobain 2011

2.1.3.7.5 Cortes na tubulação

A tubulação, em algumas ocasiões, precisa ser cortada para que as partes do sistema se acoplem. São necessários alguns cuidados no corte. Primeiramente, quando as tubulações são cortadas na obra, as extremidades devem ser cortadas de forma limpa e as rebarbas removidas. Para o corte, podem ser utilizados arco serra, cortador de tubo, serra de fita e serra de disco motorizada. Além disso, os tubos de ferro fundido podem ser cortados transversalmente, ao longo do seu comprimento, do tamanho desejado e de forma fácil e rápida.

Figura 25 - Corte da tubulação utilizando serra de disco motorizada.



Fonte: Saint-Gobain 2011

2.1.3.7.6 Pós-execução

Após a execução do serviço, devem ser previstos ensaios hidráulicos, seguindo os requisitos fornecidos na NBR 10844 (ABNT, 1989). Recomenda-se que a empresa fabricante do sistema faça uma vistoria verificando se o que foi executado está compatível com o projeto e se a execução foi realizada conforme as indicações do fabricante.

O sistema de captação de água pluvial com captadores é instalado sob a laje e recebe diretamente a ação das intempéries. O sistema é formado por tubos de ferro fundido revestido com epóxi, captador de aço inox e grelha de alumínio que são materiais resistentes às ações externas, o que garante ao sistema uma boa durabilidade. No entanto, o conjunto necessita de manutenção e inspeções visuais periódicas. A frequência dessas manutenções são definidas de acordo com o local e o tipo de sujeira a que ele está exposto.

2.2 Aproveitamento da água da chuva

2.2.1 Considerações iniciais

Os sistemas para reutilização da água da chuva podem ser implementados para fins domésticos, comerciais e industriais. No caso do uso doméstico, as finalidades mais comuns são descargas de vasos sanitários, lavagens de carro, lavagens de pisos, irrigação de jardim e sistemas de combate a incêndio. Nesse projeto, a chuva captada de uma parte do edifício será reaproveitada para jardinagem, lavagem de calçada, garagens, passeios, descargas dos banheiros. Assim, uma breve explanação se faz oportuna.

A captação de água da chuva para utilização não é uma idéia recente. Segundo Tomaz (2010), na Fortaleza dos Templários, em Tamar, localizada em Portugal, essa prática já era realizada e a data da construção é de 1160. Segundo Peters (2006), os sistemas para aproveitamento de água de chuva podem ser definidos como aqueles que captam a água da superfície, encaminhando-a para algum tipo de tratamento se for necessário, reserva e, por fim, uso.

O Brasil, apesar de possuir uma das maiores reservas hídricas do mundo, sofre com a escassez devido ao desequilíbrio entre a distribuição demográfica, industrial e agrícola e a fonte de água. A conscientização é um dos primeiros passos para atenuar o problema da falta de água, porém o reaproveitamento mostra-se também de grande importância, pois ajuda a minimizar a ocorrência de enchentes, racionamentos e o desperdício de água tratada. Além disso, o aumento da eficiência do uso da água da chuva mediante sua utilização em fins não potáveis irá liberar os suprimentos de água para outros usos, tais como o crescimento da população, o estabelecimento de novas indústrias e a melhora do meio ambiente.

Enfatizando o parágrafo acima, Righetto (2009, p.44) afirma que:

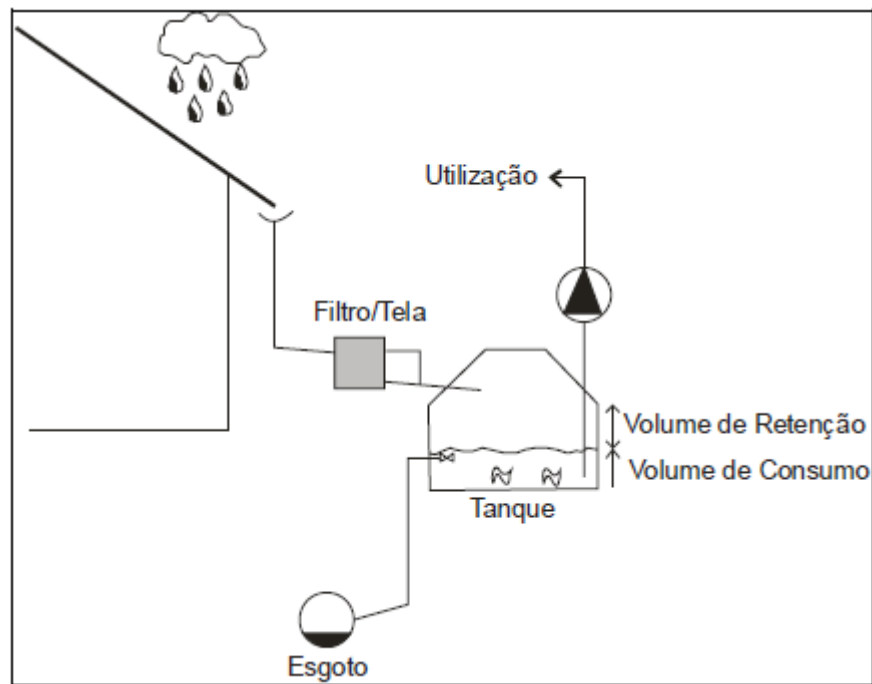
O aproveitamento de água pluvial apresenta-se, neste contexto, como uma alternativa socioambiental responsável e possível economicamente, no sentido de suprir demandas menos exigentes, caracterizadas por usos não potáveis, desde que atendidos os requisitos pertinentes.

A água da chuva captada precisa ser coletada, apropriadamente reservada, filtrada e tratada para que se atinja a qualidade desejada. O sistema de utilização de água pluvial consiste em três processos (SOARES *et al.*,1997):

1. Coleta: limita-se aos telhados do edifício. Essa localização é vantajosa em relação a qualidade da água se comparada com áreas de trânsito frequente de pessoas, animais e veículos automotivos. Normalmente, é coletada de áreas impermeabilizadas;
2. Armazenamento: A chuva coletada escoar através de tubos para o tanque de armazenagem. Quando esses estão cheios, a água é canalizada para a rede de águas pluviais;
3. Tratamento: Depende da destinação final dessa água. Usualmente, o processo é dividido em sedimentação, filtração e cloração.

No projeto em estudo, o sistema conta com volume de retenção, que consiste no tanque de armazenamento, considerando, ainda, um volume adicional para excessos, antes de ser conduzido para a galeria de águas pluviais.

Figura 26 - Sistema com volume de retenção.



Fonte: Herrmann e Schmida (1999)

2.2.2 Qualidade da água

O tratamento da água depende da qualidade inicial e para quê essa água será utilizada. O padrão de qualidade do sistema de água de chuva para fins não potável fica a critério do projetista e, dependendo da situação, pode ser exigida a utilização de algum fator para desinfecção da água como ozônio, raios ultravioleta, hipoclorito de sódio, entre outros.

Uma forma de controle da qualidade é adotar tabelas para monitoramento do sistema, como exemplificado na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetro para definir qualidade da água.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes Totais	semestral	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes	semestral	Ausência em 100ml
Cloro Residual Livre	mensal	0,5 a 0,3 mg/L
Turbidez	mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente(Caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6 a 8 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: Tomaz (2010)

2.2.3 Bombeamento

Quando necessário o bombeamento da água captada, o mesmo deve atender à NBR 12214 (ABNT, 1992). Deve-se observar se as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba estão de acordo com os critérios definidos pelo projetista. Pode ser instalado junto à bomba um dosador automático de derivado clorado para desinfecção.

2.2.4 Filtros de areia

Para a utilização da água da chuva para jardinagem, lavagem de calçada, garagens, passeios, fachadas, descargas dos banheiros, são empregados filtros, após a captação, para melhorar a qualidade da água não potável. Os filtros lentos de areia foram os primeiros sistemas de filtração de abastecimento público. Após o surgimento dos filtros rápidos, os lentos deixaram de ser os únicos utilizados, mas devido à facilidade com que podem reter microorganismos, aos poucos, eles estão deixando de ser usados. No projeto em estudo, a utilização de filtros faz-se necessária devido ao uso que será dado à água tratada.

A definição de qual tipo de filtro deve ser utilizado no empreendimento é de escolha do projetista, contudo filtros lentos de areia são, normalmente, utilizados em pequenos sistemas de captação de água. O filtro deve ser instalado antes do reservatório, em um poço apropriado, enterrado ou aéreo, e, dependendo da quantidade de água captada - determinada pelo tamanho da área de captação - o número de filtros varia de forma a conseguir filtrar a demanda do projeto.

3 INSTALAÇÃO PLUVIAL

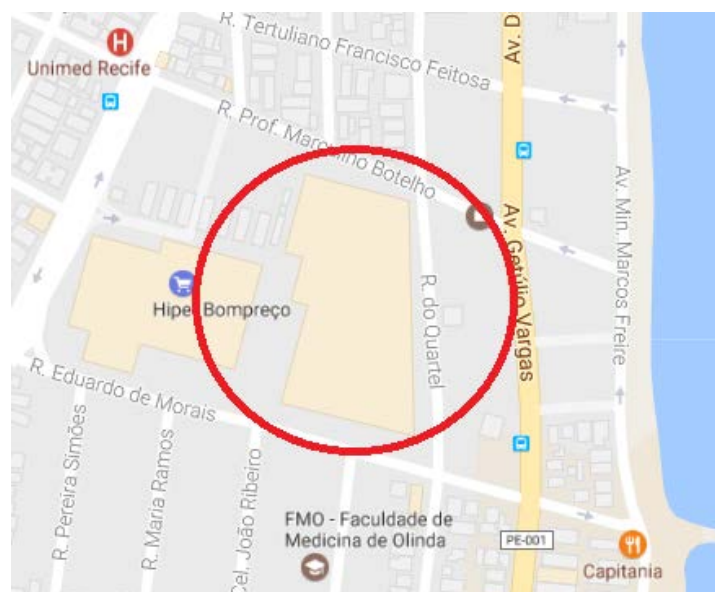
3.1 Estudo de caso

3.1.1 Características da obra em estudo

O empreendimento em estudo está localizado numa região privilegiada, em Bairro Novo, um bairro nobre de Olinda, próximo à orla, Figura 27. A construção será de um shopping Center de extrema importância para a área, visto que é considerado um dos maiores empreendimentos da cidade, responsável por atrair vários investimentos e espera-se que gere cerca de 5 mil empregos diretos. O período em que se realizou o estudo foi de maio 2016 até dezembro de 2016.

A obra possui características bem peculiares, como grandes vãos entre pilares, necessidade de uso de um forro com menos de um metro e meio do fundo da laje e poucos shafts ou áreas em que sejam possíveis a instalação de coletores verticais. A área de captação da cobertura é de, aproximadamente 12.000,00 m². Como o empreendimento em estudo será próximo ao mar, o grau de agressividade do ambiente deve ser levado em consideração para os materiais e tipo de estrutura escolhidos para a construção.

Figura 27 - Localização do empreendimento.



Fonte: Elaborado pela autora

É um obra construída de modo convencional com formas, concreto lançado, armação, cubetas e com cabos de protensão. Por ser uma obra com cabos de protensão, a quantidade de armação é menor e maiores vãos são permitidos. A área total construída é de 137.408 m², com 51.481,19 m² de área bruta locável.

A obra é constituída de cinco pavimentos de lojas (Térreo, L1, L2, L3 e L4), de três pavimentos de garagem (G1, G2 e G3) e de um semienterrado. Além disso, é dividida em dois módulos.

Figura 28 - Obra em estudo.



Fonte: Site oficial do Shopping Patteo

Figura 29 - Planta da obra.



Fonte: Site oficial do Shopping Patteeo

3.1.2 Considerações Iniciais

Considerando a área de captação de aproximadamente 12000m², e a região em que a obra está localizada e utilizando a NBR 10844 (ABNT, 1989), a projetista estimou o tempo de retorno de $T = 20$ anos e intensidade pluviométrica $I=180\text{mm/h}$. O valor da intensidade pluviométrica foi superior ao determinado pela norma por recomendação de segurança da projetista, atentando-se à possibilidade de casos de chuvas intensas.

O projeto de sistema de drenagem de águas pluviais do empreendimento foi desenvolvido com base nas seguintes premissas baseadas na norma NBR 10844 (ABNT, 1989) e nas experiências da projetistas:

1. O sistema com captadores anti-vórtice s será utilizado nas áreas abaixo:
 - Laje do estacionamento descoberto do piso G3;
 - Calhas da coberta do cinema;

- Terraço descoberto da praça de alimentação do piso L3.
- 2. Para esse tipo de sistema, serão considerados 46 captadores anti-vórtice e tubulação de ferro fundido;
- 3. O espaçamento entre os suportes deverá ser de, no máximo, 0,75 m, a partir das extremidades dos tubos;
- 4. Para as colunas de águas pluviais, é recomendado o uso de conjunto de ancoragem a cada 12 m e um tê de inspeção em todos os pés de colunas;
- 5. Nas montagens do sistema, não devem ser usados qualquer cola ou lubrificante.
- 6. O sistema convencional será utilizado nas demais áreas do empreendimento:
 - Laje impermeabilizada das casas de máquinas de âncoras;
 - Drenagem das áreas cobertas das garagens G1 e G2;
 - Coberturas de áreas de apoio/docas do pavimento térreo.
- 7. Para o sistema convencional, serão utilizados ralos com grelhas de ferro fundido de 200x200 mm e tubulações em série reforçadas;
- 8. O espaçamento entre suporte horizontais deverá ser de, no máximo, 1,5 m, a partir das extremidades dos tubos;
- 9. Os ralos serão dispostos após compatibilização com o projeto de estrutura, ou seja, a instaladora deverá posicionar os ralos de acordo com a estrutura previamente executada;
- 10. As superfícies horizontais deverão ter declividade mínima de 0,5% de modo que garanta o escoamento das águas pluviais até os pontos previstos;
- 11. A ligação entre os condutores verticais e horizontais deverá ser sempre feita por uma curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia;
- 12. Para um bom funcionamento da instalação, recomenda-se efetuar vistorias ou inspeção visual nas calhas/captadores e ralos, conforme procedimentos estabelecidos na norma NBR5657 (ABNT, 1977).

3.1.3 Escolha do sistema de instalação pluvial

A obra em estudo possui limitações e peculiaridades devido ao porte e estrutura da construção. Ela foi feita com vigas protendidas cruzando todo o empreendimento limitando, assim, a quantidade e a disposição das prumadas e shafts.

Além disso, a inclinação da tubulação de 0,5%, especificada pela norma, não podia ser atendida em alguns pontos da obra, considerando que o caimento forneceria uma perda muito grande de pé direito. Diante disso, a implementação de um sistema pluvial alternativo fez-se necessário. O sistema utilizado nas calhas da cobertura do cinema, no pavimento G3 (último pavimento) e no terraço do pavimento L3 foi o de captadores anti-vórtice s EPAMS. Por outro lado, o sistema convencional se mostrou uma boa opção para a laje das casas de máquina, pavimentos G1 e G2 e cobertura de áreas de apoio.

Assim, tendo em vista os custos, produtividade, acesso aos fabricantes, aos materiais e por ser uma empresa renomada e experiente, a equipe de execução da obra optou pela utilização do sistema de drenagem de águas pluviais EPAMS com o uso da tubulação SMU da Saint-Gobain Canalizações.

As tubulações e conexões do sistema SMU são rigorosamente testadas em relação à dureza e resistência das peças e os testes são enviados para os compradores, aumentando ainda mais o nível de confiabilidade dos clientes.

3.1.4 O dimensionamento do sistema anti-vórtice

Para os cálculos da quantidade de captadores e tubulações, é utilizado um software próprio para esse tipo de sistema produzido pela empresa fabricante dos materiais. O programa calcula com precisão os requisitos básicos, oferecendo a melhor solução para um ótimo aproveitamento do sistema. Ele é utilizado há mais de quinze anos em obras de coberturas e telhados ao redor do mundo.

Assim, a própria Saint-Gobain Canalizações fornece um estudo detalhado e acompanhamento técnico do projeto. Com o auxílio da projetista das instalações hidráulicas da obra, um dossiê técnico do sistema EPAMS foi realizado. Para a elaboração desse, foi necessário dispor algumas informações para a empresa Saint-Gobain Canalizações:

- Área superficial e geometria do telhado/cobertura;
- Altura e isometria da construção;
- Natureza da estrutura de suporte;
- Material de telhado/cobertura empregado;
- Índice Pluviométrico máximo a ser adotado.

De posse dessas informações e com a utilização de software próprio, a Saint-Gobain Canalizações conseguiu determinar:

- O número de captadores no telhado;
- O diâmetro das tubulações utilizadas no sistema EPAMS;
- As pressões positivas e negativas envolvidas no sistema;
- Quantificação do sistema.

Depois de concluído o dossiê técnico EPAMS, o mesmo é encaminhado ao Projetista e ao Instalador.

3.1.4.1 Instalação da tubulação do sistema de captação anti-vórtice

O procedimento para instalação do sistema EPAMS da empresa Saint-Gobain Canalizações iniciou-se com a contratação da equipe de encanadores e, antes de principiar o serviço, foi realizado o treinamento dos mesmos pelas diretrizes da empresa construtora e pela equipe da Saint-Gobain Canalizações com a finalidade de garantir a qualidade e a execução adequada do serviço.

Em seguida, foram fornecidos todos os Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) necessários para a inicialização do serviço: calçado de segurança, óculos de segurança contra impacto, capacete e luvas.

Para a execução do serviço, o processo foi dividido em três etapas: fixação da tubulação, instalação do captador e instalações das prumadas. O primeiro passo para a instalação foi a colocação da tubulação na estrutura, iniciando-se a fixação das tubulações na laje. O primeiro pavimento executado foi o G2 pela elevada quantidade de tubulações que captam as águas pluviais da cobertura. A fixação foi realizada com abraçadeiras tipo gota, porca, arruela e varão de 3/8", adequadas para suportaçoão na laje. Inicialmente, furos na laje foram realizados para aplicação do conjunto de suporte e, logo após, os tubos foram colocados apoiados sobre as abraçadeiras. Esses tinham 50 mm, 75 mm, 100 mm, 125 mm, 150 mm, 200 mm e 250 mm de diâmetro e foram aplicados seguindo o projeto.

Figura 30 - Suporte da tubulação.



Fonte: Elaborado pela autora

Em seguida, houve a fixação e colocação dos suportes e tubos no pavimento G2 e o processo seguiu para o pavimento L2 para colocação dos tubos que captam a água da varanda do L3.

Para o acoplamento das tubulações (ponta-ponta) e tubulações com conexões foi utilizada a Junta Rapid, fabricada pela Saint-Gobain Canalizações. A Junta Rapid é composta por aço inox austenítico que é resistente às condições de agressividade do ambiente. Nela, existem um anel de borracha que tem a função de vedação e um parafuso allen para abraçar a junta no tubo. Há Juntas Rapid para serem utilizadas em todos os tamanhos dos tubos e essas foram facilmente dominadas pelos encanadores à frente do serviço.

Figura 31 - Conexões e tubulações acopladas pela Junta Rapid.



Fonte: Elaborado pela autora

Para assessorar os operários, foram utilizados Plataforma de Trabalho Aéreo (PTA) e andaimes durante a fixação e suporte dos tubos.

O segundo processo realizado foi a colocação do ralo na laje e na calha. Para o processo de instalação na laje, os procedimentos foram os seguintes:

1. Com a finalidade de garantir um melhor acabamento e proteção do captador, uma caixa metálica galvanizada com uma grelha foi projetada. A caixa metálica tem como medida do fundo 500x500 mm, com abas na lateral para o chumbamento na laje. Foram projetados três protótipos e testados para verificar qual o mais adequado para o acoplamento do captador e a disposição na laje. Sabendo que a caixa deve ser de alta resistência tanto para o meio agressivo, quanto para a passagem de carros, já que a cobertura será utilizada como estacionamento de carros, os testes realizados envolveram a utilização de maquinário pesado que passava por cima do conjunto. Isso permitiu escolher qual protótipo era melhor para a obra.

Figura 32 - Vista frontal da caixa metálica.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 33 - Vista frontal da caixa metálica.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 34 - Grelha da caixa metálica.



Fonte: Elaborado pela autora

2. Localização e marcação dos pontos onde seriam instalados os captadores e as caixas metálicas. Alguns pontos precisaram de modificação devido à área de influência maior e impossibilidade de furação, esse último fato causado pelo fato da laje ser formada por vigas-faixa com cabos de propensão. Além disso, a laje não ficou completamente nivelada, causando empoçamentos, e, nessas localidades, houve realocamentos para os pontos mais próximos. Todas as modificações foram aprovadas pelo projetista.
3. Com as ferramentas necessárias para cortes na laje, como a serra mármore e o martelo, por exemplo, foram efetuados os furos para a passagem da caixa e do pescoço do captador para o teto do pavimento inferior. Também foram executados desgastes de alguns centímetros na laje, onde seriam apoiadas as abas da caixa metálica. Para a aderência do captador na laje, é fortemente recomendada a limpeza da superfície, pois o material utilizado para fazer a colagem do metal com a estrutura não funciona se a laje estiver empoeirada ou com qualquer outro tipo de sujeira. A higienização foi feita, então, umedecendo a superfície e limpando com a vassoura.

Figura 35 - Furo e desgaste na laje para colocação da caixa metálica.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 36 - Limpeza da laje.



Fonte: Elaborado pela autora

4. O próximo passo foi colar a caixa na laje. Para isso, um adesivo estrutural tixotrópico com dois componentes (A e B) foi usado. Nas instruções do material colante, consta a informação de como proceder para mistura desses componentes, o tempo de mistura e o tempo para endurecer. As instruções foram seguidas, conforme a orientação do fabricante. Para cada caixa, foram utilizadas duas latas, ou seja, dois quilos. Foram colocadas todas as caixas em todos os pontos da obra para, depois, alocar os captadores.

Figura 37 - Adesivo estrutural tixotrópico Componentes A e B



Fonte: Elaborado pela autora

Com a mistura realizada, o material colante foi aplicado na superfície da laje limpa com o auxílio de uma espátula e, em seguida, as abas da caixa metálica foram apoiadas sob a laje, nos locais onde a cola havia sido aplicada.

Figura 38 - Aplicação do adesivo estrutural tixotrópico.



Fonte: Elaborado pela autora

Portanto, o captador é colocado sob a laje com o material colante aplicado. Durante a fabricação da caixa metálica, os furos para a passagem do pescoço do captador ficaram pequenos. Assim, um alargamento desse furo fez-se necessário em toda a caixa, utilizando-se, para isso, um alicate.

Figura 39 - Alargamento da caixa metálica.



Fonte: Elaborado pela autora

5. Com a instalação da caixa metálica e o alargamento do furo, o captador pôde ser introduzido. Para fixar o captador, foi empregado silicone NP1 sob a chapa de inox e em toda a área inferior do cálice. A limpeza do fundo da caixa metálica foi feita para colagem correta do captador. Em seguida, a colocação pôde ser realizada

Figura 40 - Material utilizado para colagem da chapa inox na caixa metálica.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 41 - Limpeza e aplicação do silicone na parte inferior do captador.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 42 - Colocação do captador na caixa metálica.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 43 - Colocação do captador na caixa metálica.



Fonte: Elaborado pela autora

Na parte superior da chapa inox, foi realizada a vedação, aplicando o silicone, para aumentar a estanqueidade do sistema e foi realizado um acabamento na superfície.

Figura 44 - Vedação e acabamento na superfície do captador.



Fonte: Elaborado pela autora

Assim, foram instalados o captador e a grelha da caixa metálica.

6. Para encerrar essa etapa, o acoplamento das tubulações horizontais, abaixo do captador, foi realizado. Colocou-se um joelho ajustado com o pescoço do captador e preso por Juntas Rapid e, enfim, a instalação do sistema horizontal foi concluída.

Figura 45 - Acoplamento do captador com a tubulação.



Fonte: Elaborado pela autora

7. Com a finalização do sistema horizontal, um acabamento na parte inferior foi feito para melhorar a vedação e a estética.

Figura 46 - Acabamento na parte inferior da caixa metálica.



Fonte: Elaborado pela autora

8. Para a vedação no pavimento G3, foram realizadas uma regularização e uma impermeabilização para aumentar a vedação do sistema e impossibilitar vazamentos. O material usado foi uma mistura com epóxi específica para impermeabilização.

Figura 47 - Material usado na impermeabilização.



Fonte: Elaborado pela autora

Duas camadas da mistura foram aplicadas na parte superior da caixa metálica, garantindo a impermeabilização e impedindo a água de escorrer pelas bordas da mesma.

Figura 48 - Camadas de impermeabilização sob caixa metálica.



Fonte: Elaborado pela autora

A próxima etapa da instalação foi a implementação das prumadas pelos shafts. Os shafts das descidas da água pluvial são localizados próximos às escadas. A instalação foi feita do térreo para o G3, mas as prumadas não necessariamente começam no G3 e terminam no térreo, pois, dependendo da prumada, elas podem surgir e acabar em outros pavimentos.

Para a realização das prumadas:

1. Conforme o projeto, foram alocados e estudados os pontos de cada prumada. Em seguida, as estruturas de fixação na laje foram fabricadas. Elas foram feitas de estrutura metálica e chumbadas na laje com parafusos.

Figura 49 - Suportes metálicos das prumadas.



Fonte: Elaborado pela autora

2. Para auxiliar o encanador, foram utilizados PTA's e escadas, já que, nos pavimentos que não são garagem, o pé direito mede seis metros e, por isso, era necessário um equipamento que alcançasse a laje.
3. Após o chumbamento dos suportes metálicos, os tubos foram posicionados e acoplados pelas Junta Rapid. A distância final entre os suporte metálicos foi de seis metros que é a distância entre as duas lajes e uma fixação no meio do vão, presa na parede do shaft.

Figura 50 - Prumada do sistema.



Fonte: Elaborado pela autora

3.1.5 Instalação da tubulação do sistema convencional

Na instalação do sistema convencional, a NBR 10844 (ABNT, 1989) foi seguida rigorosamente. Os materiais utilizados para fazer a suportaço foram: porca, arruela e varão de 1/4". O material escolhido para a instalaço foram tubos de PVC de série reforçada, para conferir uma maior resistência ao sistema. Além dos tubos, necessitou-se de lubrificante, conexões, luvas e anéis de borracha para concluir a instalaço. PTA's e andaimes também foram utilizados pelos funcionários. Os passos para a implementação do sistema foram:

1. Como ocorreu no sistema de captação anti-vórtice, uma caixa metálica galvanizada para o ralo foi elaborada. Protótipos foram feitos para testes e o que mais se adequou à laje da obra foi implementado. A caixa media 20cmx20cm, com abas para fixação na laje. Além disso, possuía um pescoço para acoplar o tubo à caixa e uma grelha que impede que qualquer tipo de resíduo passe para a tubulação;

Figura 51 - Caixa metálica para instalação pluvial convencional.



Fonte: Elaborado pela autora

2. Inicialmente, foi realizada a furação para suporta  o dos tubos no pavimento G2, fixando, sob a laje, o varão com a abraçadeira tipo U, na espera para receber a tubulação. A tubulação utilizada foi de 100 mm de diâmetro;
3. Com a fixação executada, os tubos foram colocados sob as abraçadeiras. Conforme o projeto, colocaram-se as conexões e luvas. Ao acoplar a tubulação, nas conexões, foi utilizado lubrificante entre as peças e anéis de borracha, consoante    norma e ao procedimento da empresa;
4. O próximo passo foi juntar as tubulações com a caixa metálica para finalização do sistema horizontal;

5. O sistema convencional vertical desceu pelos shafts próximos às escadas e, para fixação, foram usados varão de 1/4" e perfilados aparafusados na laje;

Figura 52 - Prumadas descendo pelos shafts próximo a escada.



Fonte:Elaborado pela autora

6. Com os tubos todos fixados e posicionados de acordo com o projeto, pôde-se iniciar a pintura de todo o sistema: tubos, conexões e ralos. A coloração utilizada foi a marrom, seguindo especificação da norma.

Figura 53 - Pintura da tubulação de água pluvial acoplada no ralo.



Fonte:Elaborado pela autora

3.1.6 Produtividade da instalação

A fim de medir a produção dos funcionários à frente do serviço de instalação pluvial, foi realizado um acompanhamento de material e de pessoal. O estudo da produtividade forneceu quantitativos que foram necessários para identificação do tempo de execução, do custo, do uso de equipamentos, mão de obra. O método empregado para medir a produtividade foi a Razão Unitária de Produção (RUP), que é um indicador de produtividade direcionado para a construção civil que relaciona o resultado de uma tarefa aos equipamentos, técnicas e materiais usados para sua execução. A relação é feita com os dados da quantidade de homens-hora da equipe disponível para o trabalho e a quantidade de serviços líquida que foi realizada. Assim, uma RUP de 1,5 significa que são necessários 1,5 homens para colocar um metro de tubulação.

A partir disso, uma tabela foi criada para o acompanhamento diário do sistema de instalação pluvial convencional e outra para o sistema com captadores anti-vórtice. Nas tabelas, os dados de entrada foram: dia da semana, data, quantidade de operários, jornada de trabalho, quantidade de tubulações colocadas (em metro) e quantidade de fixações realizadas.

Com as informações inseridas, a tabela fornece o RUP da mão de obra direta da equipe e a RUP acumulada, Tabela 6.

Analisando os dados de uma semana qualquer de produção do sistema de pluvial convencional (ver tabela 6), nota-se que a quantidade executada em média foi de 63,60 m e a média do RUP da semana foi de 0,56 homem-hora/metro.

Tabela 6 - Produtividade sistema convencional.

DIA	DATA	QDADE OPERÁRIOS	TEMPO (horas)	QDADE EXECUTADA (m)	QDADE FIXAÇÕES INSTALADAS	RUP MO direta	
		MO DIRETA				EQUIPE	ACUM
SEG	01/08/2016	4	9,0	55,00	20,00	0,65	1,23
TER	02/08/2016	4	9,0	65,00	21,00	0,55	1,03
QUA	03/08/2016	4	9,0	68,00	16,00	0,53	0,91
QUI	04/08/2016	4	9,0	65,00	27,00	0,55	0,84
SEX	05/08/2016	4	8,0	65,00	25,00	0,49	0,79
SÁB	06/08/2016	-				0,00	0,79

Fonte: Elaborado pela autora

Já os dados coletados do sistema de captadores anti-vórtice s indicaram uma quantidade, em uma semana regular de trabalho, média de 55,40 m de tubulação executada e um RUP de 1,32 homem-hora/metro.

Dessa forma, podemos comparar os dois sistemas com relação à produtividade. O resultado não foi o previsto pelos fornecedores de sistema com captadores anti-vórtice. O RUP do sistema da Saint-Gobain Canalizações é maior, tornando-o menos produtivo do que o sistema pluvial convencional. Isso pode ser decorrente do tamanho e peso da tubulação, da adaptação dos funcionários para execução do serviço e um pé direito maior para a instalação no pavimento do L3.

Tabela 7 - Produtividade sistema com captadores ante vórtice.

DIA	DATA	QDADE OPERÁRIOS	TEMPO (horas)	QDADE EXECUTADA (m)	QDADE FIXAÇÕES INSTALADAS	RUP MO direta	
		MO DIRETA				EQUIPE	ACUM
SÁB	23/07/2016	2	5,0	0,00	16,00	0,00	1,14
SEG	25/07/2016	6	9,0	66,00	12,00	0,82	0,79
TER	26/07/2016	6	9,0	43,00	16,00	1,26	1,11
QUA	27/07/2016	6	8,0	15,00	12,00	3,20	1,16
QUI	28/07/2016	6	9,0	87,00	32,00	0,62	1,09

SEX	29/07/2016	6	8,0	66,00	35,00	0,73	1,06
SÁB	30/07/2016	1	7,0	0,00	0,00	0,00	1,07

Fonte:Elaborado pela autora

3.1.7 Custo: Comparação entre os sistemas

Considerando a importância do custo dos materiais e da mão de obra para execução do serviço, a comparação entre os dois sistemas em foco foi realizada. Os dados foram coletados a partir dos orçamentos e planilhas de custo da obra.

Eles revelaram que, se toda a instalação fosse realizada por sistema pluvial convencional, os custos para instalação seriam de cerca de R\$ 3,00 por metro quadrado da obra. Caso fossem utilizados o sistema convencional em uma parte do empreendimento e o sistema de captação anti-vórtice na outra, considerando mão de obra e material, o valor se elevaria para cerca de R\$ 4,50 por metro quadrado. O aumento do valor pode ser explicado pelo preço do material do sistema anti-vórtice, que encarece o custo da instalação. O captador, por exemplo, por possuir uma tecnologia diferenciada, custa R\$1.900.00 cada um.

3.1.8 Reutilização e reserva da água captada

A obra em estudo utilizará água captada das instalações pluviais, a água dos drenos da casa de máquinas do sistema de ar condicionado e a água dos lavatórios dos banheiros para reaproveitamento e uso no jardim, sanitários e para a lavagem de calçadas. Dessa forma, além de receber o título de um empreendimento que se preocupa com o desperdício de água, economizará custos.

A água captada da instalação pluvial será proveniente das seguintes colunas:

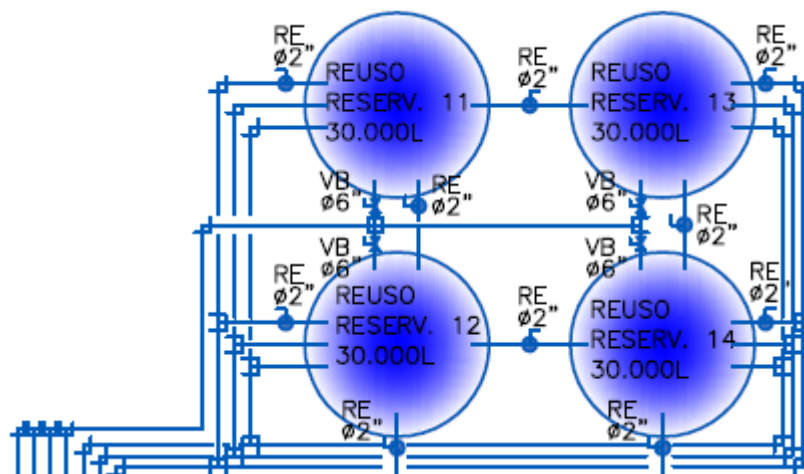
- AP-5, AP-6, AP-7 e AP-8 do sistema EPAMS;
- AP-12, AP-13, AP-14, AP-15, AP-16, AP-17 e AP-26 do sistema convencional.

Foi previsto, ainda, um sistema independente de drenagem para as máquinas do sistema de ar condicionado, em que, após a coleta, a água será destinada aos coletores do sistema de águas pluviais, passará por filtros e seguirá para a estação de tratamento. Em toda a obra, ramais verticais de água de reuso foram instalados para abastecer os lugares que irão utilizar águas tratadas.

Todas as tubulações em que irá passar a água dos equipamentos de ar condicionado serão providas de isolamento térmico, evitando, com isso, o processo de condensação nas paredes das tubulações.

Os reservatórios dessa água serão posicionados no último pavimento, sob a casa de máquinas do sistema de ar condicionado. Conforme já determinado no projeto de arquitetura, os reservatórios previstos totalizam 1577 m³ água potável e 465 m³ água de reuso. Haverá catorze caixas d'água para o abastecimento de toda a obra, sendo quatro reservatórios destinados a água de reuso. A água já tratada vai ser bombeada para os reservatórios superiores e descera por gravidade até chegar ao ponto desejado.

Figura 54 - Reservatório de reuso.



Fonte: PCON

4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Por fim, faz-se necessário entender se a utilização do sistema de captação anti-vórtice foi vantajoso para o empreendimento. Algumas observações precisam ser destacadas sobre o sistema de captação anti-vórtice: ele utiliza menos ramais e prumadas que o convencional devido ao captador conseguir drenar até seis vezes diminuindo a quantidade de ramais e ralos, os materiais são mais caros, a produtividade é menor, mas a vantagem que esse sistema fornece de não possuir declividade é crucial para tornar o sistema convencional de difícil aplicação. Se fosse preciso considerar a declividade, o último ponto do sistema ficaria com quase um metro de distância do fundo da laje, perdendo cerca de 30% do pé direito.

Em um estudo para entender qual o retorno financeiro da reutilização da água captada é interessante abordar duas situações: para encher o reservatório e para fornecimento diário.

1. O preço da água potável utilizado da concessionária é de R\$ 68,66, nos primeiros 10 m³, e, a cada m³ restante, é de R\$ 4,56;
2. A quantidade de água de reuso no reservatório é de 465 m³;
3. Se essa água não fosse de reuso, seria proveniente da concessionária;

O consumo total estimado para o empreendimento é de 430 m³/dia, considerando o funcionamento 12 h/dia. Assim, a capacidade de armazenamento de água foi calculada para atender, no mínimo, a 02 (dois) dias de consumo, sem o abastecimento por nenhuma das fontes de suprimento.

Sabendo que a água utilizada para reuso irá abastecer vasos sanitários, jardinagem e lavagem de piso e garagem e considerando a NBR 5626 (ABNT,1998), é possível estimar a quantidade de água necessária para suprir essa demanda, com base nas taxas de Tomaz (2011) dispostas nas tabelas 8 e 9:

Tabela 8 - Taxa de consumo de água

Descarga em bacias sanitárias	9,0L/descarga
Rega Jardim Comum	2L/m ³ xdia
Rega Jardim tipo campo de golfe	4L/m ³ xdia
Limpeza de pátios comuns	2L/m ³ xdia

Fonte: Tomaz (2011)

Tabela 9 - Estimativa do consumo diário

TIPO DE RESIDENCIA	UNIDADE	CONSUMO l/ dia
Residência de luxo	Per capita	200
Residência médio valor	Per capita	150
Residência popular	Per capita	120 a 150
Garagem	P/ vaga	50
Jardim	P/ m ²	1,5 p m ²

Fonte: Tomaz (2010)

Em relação à descarga, considera-se que uma única descarga no vaso sanitário gaste 9 litros/descarga e que são realizadas 5 descargas/pessoa por dia. Levando em conta informações dispostas no Informativo setorial de shopping centers, datado de 01/05/2011, em média, transitam pelos shoppings em torno de 23 mil pessoas por dia, mas esse valor apresenta grandes variações relacionadas ao tamanho do empreendimento e à sua localização. O empreendimento em questão é considerado de grande porte por possuir mais de 35 mil m², então, considera-se 37.882 pessoas como fluxo médio diário. Supondo a realização de 2 descargas/pessoa por dia, é possível calcular a quantidade de água utilizada:

$$V1 = 37.882 \text{ pessoas} \times 2 \text{ descargas/pessoa.dia} \times 9 \text{ litros/descarga} = 681.876 \text{ litros/dia}$$

Quanto ao jardim, considera-se a taxa de consumo de 1,5 litros/m². De área de jardinagem, a construção possui cerca de 6330 m². Com esses dados, calcula-se o consumo de água:

$$V2 = 1,5 \text{ litros/m}^2 \times \text{dia} \times 6330 \text{m}^2 = 9.495 \text{ litros/dia}$$

No que se refere à área da garagem, o consumo estimado é de 50 litros por vaga e, para limpeza de pátios, são considerados 2 litros/m² x dia. Considerando que há 2.300 vagas e que a área da calçada do shopping center possui 100 m², estima-se o consumo da água:

$$V3 = 2.300 \text{ vagas} \times 50 \text{ litros/vaga} \times \text{dia} = 115.000 \text{ litros/dia}$$

$$V4 = 100 \text{m}^2 \times 2 \text{ litros/m}^2 \times \text{dia} = 200 \text{ litros/dia}$$

Logo, o volume total considerado é de $V_t = 860.670$ litros/dia ou $V_t = 860,67 \text{ m}^3/\text{dia}$. Cada litro fornecido pela COMPESA custa R\$ 68,66 nos primeiros 10 m^3 , após isso, a cada m^3 , o valor é de R\$ 4,56, conforme é informado na conta de água. Assim, calcula-se o valor:

$$\text{Valor} = (850,67 \text{ m}^3/\text{dia} \times 4,56 \text{ reais}) + 68,66 \text{ reais} = \text{R\$ } 3.947,70$$

Portanto, no mês, a economia é de R\$ 118.431,5, caso toda a água fosse utilizada fosse de reuso

Nota-se que, em relação ao reuso da água, a economia por mês será significativa e, portanto, não resultará apenas em benefícios ao meio ambiente, mas também em benefícios financeiros ao empreendimento. Quanto à utilização do sistema pluvial com captadores anti-vórtice, revelou-se de grande vantagem para a construção pelo porte e arquitetura da obra.

5 CONCLUSÃO

Nesse trabalho, realizou-se o estudo da instalação pluvial com a captação da água da chuva para o aproveitamento, analisando um estudo de caso. A obra em questão é considerada de grande porte e, por isso, outras soluções foram implementadas para que a captação e reaproveitamento de água pluvial fossem possíveis. Na construção, a instalação pluvial convencional e de captação anti-vórtice foram realizadas.

Foi abordada, ainda, a questão da importância de uma outra solução, a de captação anti-vórtice, para a construção civil de modo geral. Também tratou-se da questão da escassez de água e como reaproveitar a água captada para a utilização em sanitários, jardins, calçadas traz benefícios para o meio ambiente e para a população, já que a utilização de água potável fica destinada somente às atividades que realmente precisam.

O método de execução da instalação pluvial de captadores anti-vórtice e a instalação pelo método convencional foram explicadas. O estudo da produtividade foi realizado e revelou, contrariando o que foi referido pela fabricante, que o sistema de captação pluvial convencional é mais produtivo do que o de captadores anti-vórtice.

Um estudo do custo comparativo entre os métodos foi realizado mostrando que o custo do sistema de captadores anti-vórtice é mais caro devido ao preço dos materiais, pois, enquanto a tubulação do sistema convencional é de PVC, a do sistema de captadores anti-vórtice é de ferro fundido, o que encarece a instalação. No decorrer do projeto, foi explicado que apesar do sistema ser mais caro, a utilização do sistema com captadores anti-vórtice era essencial para a obra, devido à limitação do pé direito que não admitia caimento das tubulações.

Por fim, foi realizada uma análise do valor a ser economizado com a utilização da água da chuva. Esse estudo de viabilidade detectou que, por mês, uma quantia significativa será economizada, mostrando a capacidade de beneficiar o meio ambiente e reduzir o custo de operação do empreendimento.

Dessa forma, esse trabalho destaca a importância de implementar novos sistemas para viabilização de determinadas obras e mostra que, além das vantagens econômicas que a reutilização da água da chuva traz, existem também benefícios ambientais, por exemplo,

ajudar a evitar a ocorrência de enchentes, falta de água e o consumo desnecessário da água tratada.

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**: NBR 15527. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **Instalação predial de água fria**: NBR 5626. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **Instalações prediais de águas pluviais**: NBR 10844. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**. NBR 8160. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público**. NBR 12214. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **Verificação da estanqueidade à pressão interna de instalações prediais de água fria**. NBR 5657. Rio de Janeiro, 1977.

_____. **Edificações habitacionais — Desempenho**. NBR 15575. Rio de Janeiro, 2013.

BERTINI, A. A.; MARTINS, J. C.; THOMAZ, E. **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

BOHN, A. R. **Instalação Predial de Águas Pluviais** – Notas de Aula, 2011. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/~luis/ecv5644/apostilas/ap.pdf>> Acesso em: 30 nov.2016

CICHINELLI, Gisele. Como construir - Instalação de sistema anti-vórtice de captação e drenagem de águas pluviais. *Téchne*, n. 218, p. 50-54, mai., 2015.

COUTO, Vanessa Bacca. **Projeto de aproveitamento da água da chuva para o ginásio de esportes da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Joinville**. 2012. 205f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/TCC_VanessaBaccaCouto.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2017

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

DINIZ, Shirley Andréia. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura**: irrigação de jardins e lavagens de pisos. 2013. 44f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em

Engenharia Civil) – Faculdade Pitágoras. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/shirleydiniz.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2017

GEBERIT TECNOLOGIA SANITÁRIA, S.A. **Acabaram-se as infiltrações**: Geberit Pluvia, a melhor gestão de águas pluviais. 2015. Catálogo. Disponível em: <http://www.geberit.pt/media/local_media/downloads/Low_Acabaram_se_as_infiltracoes_Geberit_Pluvia_2015.pdf> Acesso em: 08 dez. 2016

_____. **Aspiração de chuva em vez de escoamento**. 2017. Disponível em: <http://www.geberit.pt/pt_pt/target_groups/installer/products_installer/waste_and_drainage_systems/roof_drainage_systems/geberit_pluvia_2/geberit_pluvia_3.html> Acesso em: 09 dez. 2016

GOLDENFUM, J. A. . Reaproveitamento de águas pluviais. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, 16., 2006. *Anais ...* Passo fundo: 2006. v. 1. p. 1-14. Disponível em: <<http://cbhpf.upf.br/phocadownload/2seminario/reaproveitamentoaguaspluviaisii.pdf>> Acesso em: 15 nov. 2016

GONÇALVES, Ricardo Franci (coord.). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

HERRMANN, Thilo; SCHMIDA, Uwe. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. Elsevier. 1999.

IBOPE INTELIGÊNCIA. Setor de shopping center no Brasil: uma visão do mercado. *Geonotícias Shopping Centers*, nº 1, mai. 2011. Disponível em: <<http://www4.ibope.com.br/download/shoppingcenters.pdf>> Acesso em: 12 jan. 2017

LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA. Princípio de Bernoulli. 2015. Disponível em: <sites.ifi.unicamp.br/lief/experimentos-2/mecanica/principio-de-bernoulli> Acesso em: 22 ago. 2016

MACINTYRE, A. J. **Manual de instalações hidráulicas e sanitárias**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1990.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006, 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina

RIGHETTO, Antonio M. (coord.) **Manejo de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RONFIM, Silvia. **Instalações hidráulicas e prediais**. Mato Grosso. Jun. 2016. 33 slides. Apresentação em powerpoint. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/19344548-Unemat-universidade-do-estado-de-mato-grosso-instalacoes-hidraulicas-e-prediais-professora-engenheira-civil-silvia-romfim.html> > Acesso em: 15 set. 2016

SAINT-GOBAIN CANALIZAÇÕES. **EPAMS Symphonic Cast Iron Rainwater Drainage System**. Catálogo. 2004. Disponível em: <www.saint-gobain-pipelines.co.uk> Acesso em: 21 jul. 2016

_____. **EPAMS Drenagem de Águas Pluviais em Grandes Vazões**. Guia Técnico. Disponível em: <> Acesso em: 21 jul. 2016

_____. **Sistema EPAMS**. 2007. Disponível em: <http://www.sgpam.com.br/ln_predial/epams.asp> Acesso em: 21 jul. 2016

SOARES, D. A. F. *et al.* Considerações a respeito da reutilização de águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, *Anais ...*, São Paulo: ABRH, 1997

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva. In: TOMAZ, Plínio. **Água: pague menos** [livro eletrônico]. 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_pague_menos/livro_pague_menos.pdf> Acesso em: 22 out.2016

WEIERBACHER, L. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira Bento Móveis de Alvorada** – RS. 2008. 69f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Luterana do Brasil. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/07leonardo.pdf>> Acesso em:

WERLANG, C. K. **Equação de Bernoulli**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/werlang/aula3>> Acesso em: 22 out.2016

ZANELLA, L. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva** [livro eletrônico]. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015. (Coleção IPT Publicações)