

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO NÃO POTÁVEL

DIMENSIONING OF A RAINWATER COLLECTION AND DISTRIBUTION SYSTEM FOR NON-POTABLE USE

SATURNINO, Gabriel Aquino¹; ANGELINI, Lôide Sobrinha²

Discente do curso de engenharia civil da UFGD¹; Docente do curso de engenharia civil da UFGD²;
gabrielturnino77@gmail.com¹; LOIDESOBRINHA@ufgd.edu.br²;

RESUMO – As consequências ao meio ambiente devido ao uso não racional da água fizeram surgir debates sobre novas tecnologias para diminuir seu uso indevido, entre elas o aproveitamento de águas pluviais vem tendo destaque nas construções, tornando-as mais sustentáveis. O objetivo da pesquisa foi realizar o dimensionamento de uma estrutura de captação e distribuição de águas pluviais para o uso não potável no Bloco D de salas da UFGD. Foi analisado os projetos da edificação para verificar os aspectos referentes a consumo e demanda de água. Posteriormente foi utilizado o método de Rippl para o dimensionamento da cisterna de armazenamento de água da chuva. Foi aplicado metodologias de normativas referentes à estrutura de águas pluviais e água fria. A partir dos métodos obteve-se uma cisterna de 31 m³, as dimensões das tubulações da estrutura, os valores de perda de carga, pressão e o dimensionamento da bomba de recalque.

Palavras-chave: Aproveitamento de águas pluviais. Dimensionamento Hidráulico. Método de Rippl.

ABSTRACT – The consequences of the non-rational use of water for the environment have given rise to debates about new technologies to reduce their misuse, the use of rainwater has been emphasized in the constructions, making them more sustainable. The objective of the research was to carry out the design of a rainwater collection and distribution structure for non - potable use in Block D of UFGD rooms. The building projects were analyzed to verify the aspects related to water consumption and demand. Subsequently, the Rippl method was used for the design of the rainwater storage cistern. Methodologies were applied regarding rainwater and cold water structure. From the methods, a cistern of 31 m³ was obtained, the dimensions of the pipes of the structure, the values of pressure loss, pressure and the design of the booster pump.

Keywords: Rainwater Harvesting. Hydraulic Sizing. Rippl Method.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital, finito e vulnerável que deve ser utilizado racionalmente. Por ser um recurso limitado, suprir a demanda de água já está se tornando um problema grave.

A urbanização é um dos principais fatores que provoca o problema de abastecimento de água potável. O crescimento das cidades sem planejamento hídrico eficiente, compromete o fornecimento constante de água para a população. Diante disto, cresce a necessidade de encontrar meios e formas de preservar a água potável, resultando na busca de novas tecnologias que atendam à demanda de água sem comprometer a disponibilidade de uso.

Um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação consiste no processo de captação, armazenamento e posterior reuso da água precipitada sobre as superfícies impermeáveis da edificação. Assim, como os sistemas prediais de reuso de água cinza, o aproveitamento da água pluvial é restrito às atividades que não necessitem de água potável (OLIVEIRA et al, 2007).

Segundo Machado e Cordeiro (2004) em alguns países da Europa como Alemanha, há muito tempo se estimulou a captação da água da chuva, porém, com a finalidade de combater enchentes urbanas. Este estímulo fez com que o país desenvolvesse e

aprimorasse seus processos de aproveitamento de água, sendo hoje, muito utilizados em residências, comércios e indústrias.

O uso de sistemas de captação de água pluvial para fins não potáveis no Brasil é ainda tímido. A exemplo de aplicação, o Aeroporto Internacional de São Paulo em Guarulhos, desde o ano de 2011, utiliza o sistema de reuso de águas pluviais em sanitários e na limpeza do aeroporto. Como resultado, o aproveitamento da água pluvial aliviou a pressão sobre o aquífero subterrâneo, principal fonte de água potável do aeroporto, pois devido ao elevado consumo de água (média de 644.186 m³ por ano) está em acelerado grau de exploração (MORUZZI et al, 2016).

Em 2014 a região Sudeste brasileira sofreu com uma crise hídrica, o que ocasionou em um racionamento de água fazendo refletir sobre a gestão dos recursos hídricos. Nesse contexto, o aproveitamento das águas pluviais ganha destaque, uma vez que tem impacto direto nos aspectos quantitativos dos recursos hídricos.

O poder legislativo tem apresentado leis que estimulam o aproveitamento de águas pluviais. Atualmente existem normas e leis relacionadas ao aproveitamento de água da chuva, tais como a Resolução CONAMA 357

de 2005, o Projeto de Lei 7.818 de 2014 que estabelece a política nacional de captação e armazenamento de águas pluviais, o Projeto de Lei 531 de 2015 que determina o aproveitamento de águas pluviais por órgãos públicos a NBR 15527 da ABNT de 2007 que mostra as orientações técnicas de projeto para uso de águas pluviais e a NBR 10844 da ABNT de 1989 que apresenta orientações técnicas para projetos de sistemas de águas pluviais.

O uso da água pluvial gera economia de recursos uma vez que a água de uso nobre e utilizada para usos não nobres é substituída pelo uso da água pluvial, assim esse recurso é preservado para o consumo direto humano. A economia acima citada é visível quando o sistema de aproveitamento de águas pluviais é aplicado em: residenciais unifamiliares, edifícios residenciais e comerciais, e principalmente nas indústrias, pois possuem grande área de captação e diversos pontos para o reuso da água da chuva.

Além de economia de recurso, o sistema de aproveitamento de águas pluviais possui como vantagens utilização de estruturas existentes (telhados, lajes, entre outros), baixo impacto ambiental, água relativamente limpa, não substitui o sistema convencional, redução da carga de drenagem e enchentes em grandes cidades. O sistema também possui algumas desvantagens como

o espaço ocupado pela estrutura e variação da intensidade pluviométrica.

O processo de dimensionamento da instalação de águas pluviais, é semelhante ao dimensionamento de instalações prediais de água fria, descrita na NBR 5626 (ABNT, 1998), a diferença entre os métodos está em dois pontos: estudo estatístico dos dados pluviométricos da cidade em que será realizada a obra e o dimensionamento do reservatório, que leva em conta aspectos hidrológicos.

Com relação ao dimensionamento do reservatório são encontrados na literatura e na NBR 15527 (ABNT, 2007) seis métodos, são eles: o Método da Simulação, o Método Azevedo Neto (Método Brasileiro), o Método Prático Alemão, o Método Prático Inglês, o Método Prático Australiano e o Método de Rippl.

O Método de Rippl define a capacidade de um reservatório a partir do modelo de regularização de vazões. Esse método considera que o reservatório estará inicialmente cheio e que a retirada da água do reservatório é constante, não levando em conta a evaporação da água.

O Método de Rippl possibilita dimensionar um reservatório de água pluvial somente quando em algum momento do período analisado a demanda supera o volume do reservatório.

Segundo Thomaz (2003), no Método de Rippl, utiliza-se séries históricas de precipitações – as mais longas possíveis -, transformadas em vazões que alimentam o reservatório. Thomaz afirma que, de forma a facilitar os cálculos, é comum se formularem séries sintéticas, ou seja, elaboradas a partir de uma série histórica de precipitação, que pode ser em base diária ou mensal. O presente trabalho utiliza uma base de dados mensais.

1.1 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo é dimensionar uma estrutura de captação, armazenamento e distribuição de águas pluviais para o Bloco D de salas de aulas da UFGD.

2 METODOLOGIA

No presente trabalho foi utilizado um método de pesquisa quantitativo através de consultas a livros e normativas, de modo a se obter resultados para compor o dimensionamento da estrutura de águas pluviais.

Para realizar o processo de dimensionamento, foi selecionado a rede pluviométrica através de um programa de georreferenciamento aplicando o método de Thiessen. Após determinado os dados de precipitações mais representativos para a área

de estudo, os mesmos passaram por um tratamento estatístico para que fosse possível a aplicação ao Método de Rippl. Por fim, foi realizado o dimensionamento do sistema de distribuição de água para os pontos de distribuição já pré-definidos em projeto.

2.1 DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO

Os dados pluviométricos e a localização geográfica dos pluviômetros foram obtidos na plataforma digital da AgriTempo, membro associado à Embrapa. Na Figura 1 é mostrado o mapa da cidade de Dourados com a localização dos pluviômetros.

Figura 1. Mapa da cidade de Dourados com a localização dos pontos pluviométricos.



Fonte: (Autoria própria).

Para selecionar o pluviômetro que forneceria os dados de entrada mais representativos utilizados para o dimensionamento do sistema foi utilizado o *software* de georreferenciamento QGIS®. Através da ferramenta “Polígono de Voronoy” em que foi reproduzido o Método de Thiessen que possibilitou a escolha do

pluviômetro. Através da estação pluviométrica que possui a área de contribuição mais representativas para o local de estudo, foi obtido dados mensais de precipitação.

Para o cálculo da vazão foram analisados os valores médios de precipitação mensal, para um período de 17 anos - período de funcionamento do pluviômetro que possui dados mais representativos -, a intensidade pluviométrica e o coeficiente de escoamento superficial. Para o cálculo da intensidade pluviométrica, foi consultado a equação fornecida pelo Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa, a fórmula para a cidade de Dourados-MS é mostrada na Equação 1.

$$I = \frac{2668,7800 \cdot T^{0,1771}}{(t+28,0749)^{0,9213}} \text{ [mm.h}^{-1}\text{]} \quad (1)$$

Em que I é a intensidade pluviométrica, T é o tempo de retorno e t é o tempo de duração da precipitação.

2.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para o dimensionamento do reservatório de águas pluviais e cálculo da demanda de água do bloco de salas de aula foi utilizado a Norma Técnica 181 da Sabesp, isso pois a edificação não possui um hidrômetro para realizar a leitura do

consumo de água. Na Equação 2 é mostrado a fórmula obtida na NT 181 (SABESP, 2012) para faculdades com menos de 100 bacias sanitárias.

$$C_m = 34,7 + A + B + C + D + E \text{ [m}^3\text{]} \quad (2)$$

Na Tabela 1 é mostrado os valores dos coeficientes citados na Equação 2.

Tabela 1: Valores dos coeficientes mostrados na Equação 2.

A	0,168 . área de jardim
B	0,724 . nº de vagas na garagem
C	0,0246 . nº habitantes
D	2,06 . nº de bacias sanitárias
E	0,368 . nº de funcionários

Fonte: (Autoria própria).

A estimativa da demanda de água foi calculada considerando que será utilizada para limpeza dos corredores e descarga dos sanitários. Os dados citados na Tabela 1 foram obtidos a partir de uma coleta de dados por meio de entrevistas com funcionários e análise dos projetos da edificação.

Para a determinação do volume do reservatório de águas pluviais foi utilizado o Método de Rippl devido a sua simplicidade de aplicação e adequabilidade aos dados disponíveis. Nesse método foram utilizados dados de precipitação média mensal e foi considerado que nos meses de janeiro, julho e dezembro, o consumo é reduzido a 30% devido ao período de férias letivas, porém foi

considerado ainda as possíveis aulas no período de verão, cursos, etc.

O volume aproveitável mensal de água precipitada a ser reservada considera a área de captação e o coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*), que é a razão entre o volume total de escoamento superficial e o volume precipitado. Os valores de coeficiente de escoamento superficial são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*).

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2009).

TOMAZ (2011) recomenda que para se calcular o volume de água proveniente da precipitação, deve-se usar a Equação 3.

$$\text{Volume} = \frac{P.A.c}{1000} \text{ [m}^3\text{]} \quad (3)$$

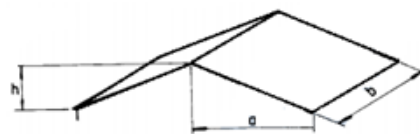
Em que P é a precipitação média mensal, A é a área da cobertura e c é o coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*).

2.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema de aproveitamento de águas pluviais proposto contém: Calhas, tubos e conexões de PVC (Policloreto de vinila), reservatório inferior (cisterna), reservatório superior, bomba centrífuga, tela para retirada de impurezas grosseiras, extravasor no reservatório superior, filtro, poço de infiltração e pontos de consumo previamente identificados.

Para o dimensionamento do sistema principal de captação de água pluvial foi necessário a área da cobertura da edificação (A) e a vazão de projeto (Q). A NBR 10844 (ABNT, 1989), apresenta o método de cálculo para a área de cobertura da edificação, para o presente trabalho foi considerado apenas a área de superfície inclinada da cobertura da edificação. Na Figura 2 é mostrado o esquema de superfície inclinada citada na norma.

Figura 2. Esquema de superfície inclinada citado na NBR 10844.



Fonte: (ABNT, 1998).

Com os dados fornecidos na Figura 2, é possível calcular a área de cobertura segundo a Equação 4.

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \text{ [m}^2\text{]} \quad (4)$$

Segundo CARVALHO JÚNIOR (2016), as calhas e os condutores (verticais e horizontais) devem suportar uma vazão de

projeto calculada pela intensidade pluviométrica e pela área de cobertura da edificação. Conhecendo esses dados, é possível calcular a vazão de projeto pela Equação 5.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \text{ [litros/minuto]} \quad (5)$$

Em que I é a intensidade pluviométrica dado em mm.h^{-1} e A é a área da cobertura em m^2 .

Para efeito de dimensionamento, a cobertura foi dividida em seis áreas, cada área fornece uma vazão de água para uma calha, como mostrado na Figura 3.

Devido a simetria da cobertura, para o dimensionamento das calhas de 1 a 4, foi adotado o valor da Área 1, para o dimensionamento das calhas 5 e 6 foi adotado o valor da Área 5. As calhas terão inclinação de 1%.

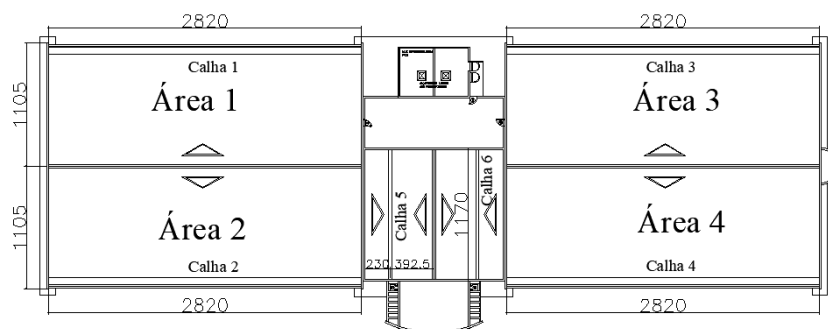
Para o presente trabalho o material adotado para as calhas foi o PVC com 1% de inclinação, com formato semicircular. Segundo CARVALHO JÚNIOR (2016) o que influencia na capacidade de uma calha é seu formato, diante disto, a NBR 10844 (ABNT, 1989) fornece uma tabela com as capacidades de calhas semicirculares, mostrado na Tabela 3, utilizando um coeficiente de rugosidade de $n = 0,011$ (PVC) para alguns valores de declividade. Os valores apresentados foram calculados pela fórmula de Manning-Strickler.

Tabela 3: Capacidade de calhas semicirculares (vazão em litros / minuto).

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: Carvalho Júnior (2016).

Figura 3. Distribuição das áreas de cobertura e posicionamento das calhas



Fonte: (autoria própria).

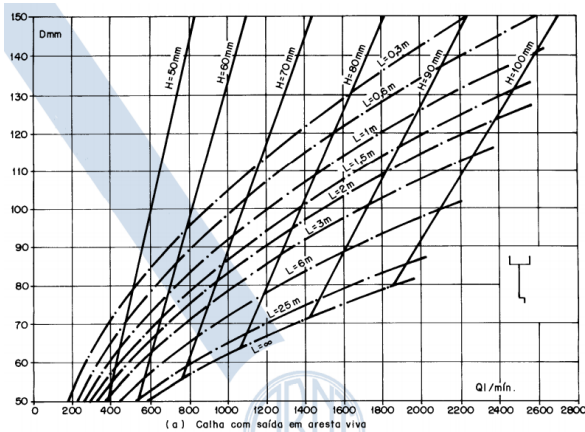
Para o dimensionamento dos condutos verticais, foi adotado uma área de contribuição para cada conduto, sendo que

esta área foi determinada por tentativa, foi considerada duas tentativas para determinar o número de condutores verticais, uma

considerando 4 condutos verticais e outra com 3 condutos verticais, com isso, para determinar a área de contribuição de cada condutor a área total de cada parte da cobertura foi dividida conforme o número de condutores adotados. O comprimento adotado para todos os condutores verticais foi de 7,50 m, devido à altura da edificação.

Para o dimensionamento dos condutores verticais, a NBR 10844 (ABNT, 1989) apresenta ábacos específicos. Adota-se na prática diâmetros iguais ou superiores a 75 mm de modo a evitar possíveis entupimentos da tubulação (Carvalho Júnior, 2016). Na Figura 4 é mostrado o ábaco utilizado no dimensionamento para tubulações com saída em aresta viva.

Figura 4. Ábaco para o dimensionamento de condutores verticais com saída em aresta viva.



Fonte: ABNT (1989).

Os condutos foram dimensionados segundo a Tabela 4, retirada da NBR 10844 (ABNT, 1989), possuindo inclinação de 1%, enterrados a 50 cm de profundidade. A vazão

de cada trecho dos condutores horizontais foi obtida por acumulação de vazões, em que a vazão que entra em um trecho de tubulação horizontal será a soma da vazão que sai do trecho horizontal anterior a este, mais a vazão do condutor vertical.

Tabela 4: Capacidade de condutores horizontais em seção circular (vazão em litros/minuto).

Diâmetro interno (mm)	<i>(n = 0,011): PVC, cobre, alumínio e fibrocimento</i>			
	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6260
300	3820	5380	7590	10800

Fonte: ABNT (1989).

O posicionamento e a nomenclatura dos condutores verticais e horizontais são mostrados na Figura A do Anexo 1.

2.4 SISTEMA DE FILTRAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

A utilização de filtro para limpeza de águas pluviais possui a função de remoção de materiais suspensos, melhorando assim os aspectos físicos como retirada de materiais grosseiros que passam pela tela na saída da calha.

Os filtros podem ser autolimpantes, sendo que necessitam ser verificados duas

vezes ao ano para manutenção. Este modelo de filtro é utilizado em sistemas com maiores vazões, filtros de materiais granulares normalmente utilizados em pequenas edificações.

As dimensões das tubulações de entrada de água, saída de água filtrada e saída de água contaminada são definidos pela área de cobertura da edificação.

2.5 DIMENSIONAMENTO O SISTEMA DE RESERVAÇÃO

O sistema de distribuição de água da chuva é composto por dois reservatórios, um superior e um inferior, no caso de um sistema que utiliza águas pluviais, o reservatório inferior é a cisterna.

De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1998) o reservatório inferior deve suportar 60% do volume total consumido, e o superior deve suportar 40% do volume total consumido. Portanto, o volume do reservatório superior pode ser determinado em função do volume da cisterna, pela Equação 6.

$$V_{\text{reser. sup}} = \frac{0,40 \cdot V_{\text{cist}}}{0,60} \text{ [m}^3\text{]} \quad (6)$$

A tubulação de limpeza é função direta do tempo de esvaziamento do reservatório. O diâmetro da tubulação é determinado por meio da Equação 7.

$$S = \frac{A}{4850 \cdot t} \cdot \sqrt{h} \text{ [m}^2\text{]} \quad (7)$$

Em que S é a área da seção transversal da tubulação em m², A é a área em planta do compartimento em m², t é o tempo de esvaziamento do reservatório em horas e h é a altura da lâmina de água no reservatório. O tempo recomendado pela NBR 5626 (ABNT, 1998) é de 2 horas para o esvaziamento do reservatório.

Deve-se evitar diâmetros menores que 32 mm, pois o lodo acumulado no fundo do reservatório pode, eventualmente, entupir a tubulação (CARVALHO JÚNIOR, 2016).

O extravasor é dimensionado adotando um diâmetro comercial acima do diâmetro da tubulação que sai do filtro para o reservatório inferior (cisterna) e um diâmetro comercial acima do diâmetro da tubulação de recalque para o reservatório superior. A água descartada pelo extravasor é conduzida a um poço de infiltração.

Para o dimensionamento das tubulações de recalque e de sucção foi considerado que o consumo diário de água pode ser obtido pelo consumo mensal, pela Equação 2, considerando que durante o mês, em 22 dias haverá consumo de água (de segunda a sexta), o consumo diário é dado pela Equação 8.

$$CD = \frac{Cm}{22} \text{ [m}^3\text{]} \quad (8)$$

Em que CD é o consumo diário em m³ e Cm é o consumo mensal em m³.

Segundo Carvalho Júnior (2016), o sistema elevatório deverá ter uma vazão mínima horária recomendada de 20% do consumo diário, funcionando assim no máximo 5 horas por dia. Com isso a vazão da bomba é dada pela Equação 9.

$$Q_{B,R} = \frac{CD}{3600.tb} \text{ [m}^3\text{]} \quad (9)$$

Em que Q_{B,R} é a vazão da bomba de recalque, C.D é o consumo diário em m³ e tb é o tempo de funcionamento da bomba em horas.

O diâmetro da tubulação de recalque é calculado pela fórmula de *Forchheimer*, mostrado na Equação 10.

$$Dr = 1,3 \cdot \sqrt[4]{Q \cdot \sqrt{x}} \quad (9)$$

Em que Dr é o diâmetro de recalque em mm, Q é a vazão da bomba em m³/s, x é

h/24, onde h é o tempo de funcionamento da bomba de recalque em horas.

Segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998) o diâmetro de sucção é adotado como um diâmetro comercial superior ao diâmetro de recalque adotado.

2.6 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS, SUB-RAMAIS E DO BARRILETE

Para o dimensionamento dos ramais e sub-ramais foi adotado um sistema de consumo máximo provável. A NBR 5626 (ABNT, 1998) fixa que cada ponto de utilização possui uma vazão recomendada para que o sistema de distribuição tenha um bom funcionamento, e esta vazão é convertida por processos empíricos em pesos relativos que possuem relação com o diâmetro da tubulação. A Tabela 1 da NBR 5626 (ABNT, 1998) apresenta os valores de peso relativo utilizados no dimensionamento.

Para ramais que possuam soma dos pesos menor que 100, como é o caso do presente trabalho, é possível utilizar a Tabela 5.

Tabela 5: Capacidade de condutores horizontais em seção circular (vazão em litros/minuto).

Soma dos pesos	0	↔	1,1	↔	3,5	↔	18	↔	44	↔	100
∅ Soldável (mm)		20		25		32		40		50	
∅ Roscável (pol.)		1/2		3/4		1		1 1/4		1 1/2	

Fonte: Carvalho Júnior (2016).

O dimensionamento do barrilete segue o mesmo princípio do

dimensionamento dos ramais, porém o peso relativo utilizado será a soma do peso de todas

as peças de utilização que a coluna de água alimentará.

Para calcular o comprimento do barrilete é necessário determinar a pressão dinâmica total entre a saída do reservatório superior e o ponto mais alto da estrutura. A pressão dinâmica é calculada pela Equação 10.

$$P_{df} = P_{di} - \Delta h \text{ [m.c.a]} \quad (10)$$

Em que P_{df} é a pressão dinâmica no fim do trecho em m.c.a, P_{di} é a pressão dinâmica no início do trecho em m.c.a e Δh é a perda de carga total do trecho.

A perda de carga total do trecho é calculada pela fórmula apresentada na Equação 11.

$$\Delta h = L_{total} \cdot J \quad (11)$$

Em que L_{total} é o comprimento total da tubulação considerando comprimento real e comprimento equivalente em metros, e J é a perda de carga unitária em $m \cdot m^{-1}$.

O comprimento equivalente das singularidades da estrutura é determinado através da Tabela A.3 da NBR 5626 (ABNT, 1998), para tubulações de PVC.

A perda de carga unitária pode ser obtida pela fórmula de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de PVC, como mostrado na Equação 12.

$$J = \left(\frac{Q}{55,934 \cdot D^{2,714}} \right)^{\frac{1}{0,571}} \text{ [m/m]} \quad (12)$$

Em que Q é a vazão em $m^3 \cdot s^{-1}$ e D é o diâmetro da tubulação em m.

A pressão dinâmica total no trecho crítico deve ser maior que 1,0 m.c.a, segundo recomendações da NBR 5626 (ABNT, 1998), com isso, o comprimento do barrilete é calculado pela Equação 13.

$$H_{barrilete} = 1 + \Delta h \text{ [m]} \quad (13)$$

Em que $H_{barrilete}$ é a altura do barrilete em m.

A pressão dinâmica de água fria entre o ponto mais alto do barrilete e a peça de utilização mais baixa é calculado pelas Equações 10 a 12, sendo esta menor que 40 m.c.a.

2.7 CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA E DIMENSIONAMENTO DA BOMBA DE RECALQUE

Para calcular a altura manométrica é necessário a altura estática, isto é, o comprimento vertical da tubulação, o comprimento total da tubulação, a vazão, o diâmetro e determinar o comprimento equivalente das singularidades da tubulação.

A altura manométrica é dada pela Equação 14.

$$H_{man} = h_{estat.} + \Delta h \quad (14)$$

Em que H_{man} é a altura manométrica e $h_{estat.}$ é a altura estática. A altura manométrica total é dado pela soma da altura manométrica de recalque com a altura manométrica se sucção.

Para dimensionar a bomba de recalque foi utilizado um catálogo comercial de uma bomba, em que foram necessários os valores de vazão de projeto em $m^3 \cdot h^{-1}$ e da altura manométrica em m.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

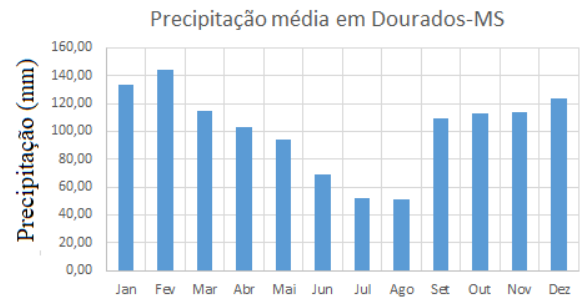
Neste tópico são apresentados os resultados obtidos no dimensionamento do sistema de captação e distribuição de água pluvial para aproveitamento nos sanitários e na limpeza do bloco de aulas em estudo.

3.1 DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO

Na Figura 5 é mostrado o Polígono de Thiessen obtido por meio do QGIS, em que é destacado o pluviômetro 4 como mais influente na área de estudo.

Na Figura 6 é mostrado o gráfico com os valores médios de precipitação mensal, utilizados como dados de entrada no Método de Rippl.

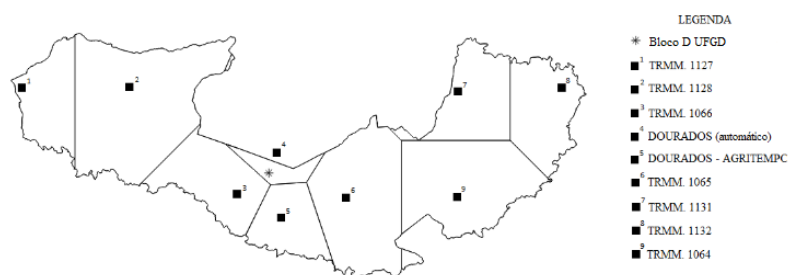
Figura 6. Precipitação média para a cidade de Dourados – MS.



Fonte: Agritempo (2018).

O valor da precipitação média foi comparado com o valor encontrado na aplicação da equação IDF, desenvolvida para o município de Dourados, de $141,31 \text{ mm} \cdot h^{-1}$, para um período de retorno de 5 anos e um tempo de duração da chuva de 5 minutos. Essa comparação permitiu concluir que os dados pluviométricos utilizados no método de Rippl são representativos para uma precipitação de máxima intensidade, usualmente aplicada em projetos de drenagem de águas pluviais.

Figura 5. Polígono de Thiessen para determinação do pluviômetro com melhor representatividade



Fonte: Autoria própria.

3.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Através de análise do projeto arquitetônico da edificação e entrevistas com os funcionários, foi possível obter os dados para o cálculo da demanda mensal, mostrados na Tabela 6.

Tabela 6: Dados para a determinação da demanda mensal de água.

Área de jardim (m ²)	3
Vagas no estacionamento	0
Nº de bacias	20
Nº de funcionário	5
Nº de vagas oferecidas	1000

Fonte: Autoria própria.

Seguindo a Norma Técnica da Sabesp, a demanda mensal da edificação é de 100 m³.mês⁻¹.

Para o dimensionamento da cisterna pelo método de Rippl, foi utilizado os valores de precipitação mensal mostrados no gráfico da Figura 6. A área de cobertura da edificação foi obtida por meio do projeto de cobertura da mesma, totalizando 1.458 m², com isso foi obtido uma cisterna com o volume de 31 m³.

3.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

Os valores de área de cobertura, seguindo o esquema da Figura 3, assim como

os valores de vazão e o valor do diâmetro das calhas são mostrados na Tabela 7.

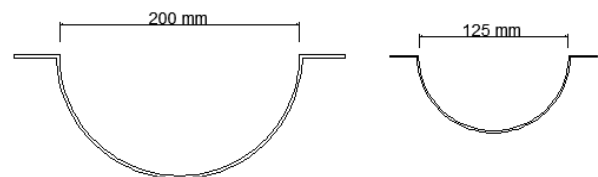
Tabela 7: Valores de área de cobertura, vazão e diâmetro das calhas.

	Área	Vazão	Diâmetro
Área 1	323,60 m ²	762,13 l/min	200 mm
Área 5	82,10 m ²	193,31 l/min	125 mm

Fonte: Autoria própria.

O detalhamento da seção transversal das calhas é mostrado na Figura 7.

Figura 7. Detalhamento das calhas do sistema de captação de águas pluviais.



Fonte: Autoria própria.

Considerando que as áreas denominadas de 1 a 4 possuem três condutores verticais e que as áreas 5 e 6 possuem apenas um condutor vertical, a área de contribuição, as vazões e o diâmetro dos condutores verticais são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8: Valores de área de contribuição, vazão e diâmetro dos condutores verticais.

Condutores	Área de contribuição	Vazão	Diâmetro
A, B e C	107,87 m ²	254,05 l/min	50 mm
D	82,10 m ²	193,36 l/min	50 mm

Fonte: Autoria própria.

Os resultados do dimensionamento dos condutores horizontais é mostrado na Tabela 9.

Tabela 9: Dimensionamento dos condutores horizontais.

Condutor Horizontal	Vazão	Diâmetro	Comprimento
1	254,05 l/min	100 mm	9,40 m
2	508,10 l/min	125 mm	9,40 m
3	762,15 l/min	150 mm	22,60 m
4	1016,20 l/min	200 mm	9,40 m
5	1270,25 l/min	200 mm	9,40 m
6	1524,30 l/min	200 mm	18,00 m
7	762,15 l/min	150 mm	2,60 m
8	955,51 l/min	200 mm	7,65 m
9	1148,87 l/min	200 mm	12,00 m
10	1402,92 l/min	200 mm	9,40 m
11	1656,97 l/min	200 mm	9,40 m
12	2165,07 l/min	250 mm	15,80 m

Fonte: Autoria própria.

3.4 SISTEMA DE FILTRAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para o sistema, foi adotado um filtro de águas pluviais para a limpeza da água coletada nas calhas antes que ela fosse depositada na cisterna.

O filtro realiza a separação automática de até 99% dos resíduos sólidos, filtra 90% da água captada, possui fácil manutenção e é autolimpante. É fabricado em aço inoxidável, possui malha de 100 furos.pol⁻², possui carcaça em propileno dispensando alvenaria e é recomendada para áreas de captação de até 2000 m².

3.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO

Os dados do dimensionamento da tubulação de limpeza dos reservatórios superior e inferior, como dimensão dos reservatórios, tempo de esvaziamento, área da seção transversal da tubulação e diâmetro adotado são mostrados nas Tabelas 10 e 11, respectivamente.

Tabela 10: Dimensionamento da tubulação de limpeza do reservatório superior.

Reservatório superior	
Altura do reservatório	2,00 m
Largura do reservatório	3,00 m
Comprimento do reservatório	3,50 m
Área do reservatório (A_{reser})	10,50 m ²
Tempo de esvaziamento (T)	2,0 horas
Altura da lâmina de água (h)	2,00 m
Área tubulação de limpeza (S)	1530,85 mm ²
Diâmetro da tubulação de limpeza	44,15 mm
Diâmetro da tubulação de limpeza adotado	50 mm

Fonte: Autoria própria.

Tabela 11: Dimensionamento da tubulação de limpeza do reservatório inferior (cisterna).

Reservatório inferior (Cisterna)	
Altura do reservatório	2,00 m
Largura do reservatório	3,60 m
Comprimento do reservatório	4,30 m
Área do reservatório (A_{reser})	15,48 m ²
Tempo de esvaziamento (T)	2,0 horas
Altura da lâmina de água (h)	2,00 m
Área tubulação de limpeza (S)	2256,91 mm ²
Diâmetro da tubulação de limpeza	53,61 mm
Diâmetro da tubulação de limpeza adotado	65 mm

Fonte: Autoria própria.

Os dados para o dimensionamento da tubulação de recalque, sucção e o extravasor dos reservatórios são mostrados na Tabela 12.

Tabela 12: Dimensionamento da tubulação de recalque, sucção e extravasor dos reservatórios.

Tubulação de recalque e sucção	
1 - Consumo diário	
Consumo mensal	100 m ³
Consumo diário	4,55 m ³
2 - Vazão da bomba de recalque	
Tempo de funcionamento	3,0 horas
Vazão da bomba	0,000421 m ³ /s
3 - Diâmetro de recalque	
Diâmetro adotado	20 mm
4 - Diâmetro de sucção	
	25 mm
Extravasor	
1 - Reservatório Superior	32 mm
2 - Reservatório Inferior	250 mm

Fonte: Autoria própria.

3.6 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS, SUB-RAMAIS E BARRILETE

A concepção do sistema de distribuição de águas pluviais dimensionada pelo modelo de consumo de máximo provável é mostrada na Figura B do Anexo 1. As nomenclaturas, somatória dos pesos dos pontos de utilização, o diâmetro, a vazão e o comprimento das tubulações dos ramais e sub-ramais são mostrados nas Tabelas 13, 14 e 15.

Tabela 13: Dados do dimensionamento dos ramais e sub-ramais referentes as Colunas AP-1 e AP-3 de águas pluviais.

Coluna AP-1 e AP-3				
Trecho	Σ pesos	Diâmetro	Vazão	Comprimento
A - VS1 = E - VS4	1,7	25 mm	0,39 L/s	97 cm
B - VS2 = F - VS5	1,7	25 mm	0,39 L/s	97 cm
C - VS3 = G - VS6	1,7	25 mm	0,39 L/s	97 cm
A - B = E - F	1,7	25 mm	0,39 L/s	92 cm
B - C = F - G	3,4	25 mm	0,55 L/s	92 cm
C - D = G - H	5,1	32 mm	0,68 L/s	134 cm
D - H	5,1	32 mm	0,68 L/s	380 cm
H - I	10,2	32 mm	0,96 L/s	448 cm

Fonte: Autoria própria.

Tabela 14: Dados do dimensionamento dos ramais e sub-ramais referente a Coluna AP-2 de águas pluviais.

Coluna AP-2				
Trecho	Σ pesos	Diâmetro	Vazão	Comprimento
Mic1 - A = Mic3 - C	0,5	20 mm	0,21 L/s	30 cm
Mic2 - B = Mic4 - D	0,5	20 mm	0,21 L/s	30 cm
A - B = C - D	0,5	20 mm	0,21 L/s	31 cm
B - E	1	20 mm	0,30 L/s	401 cm
D - E	1	20 mm	0,30 L/s	76 cm
E - F	2	25 mm	0,42 L/s	236 cm

Fonte: Autoria própria.

Tabela 15: Dados do dimensionamento dos ramais e sub-ramais referentes as Colunas AP-4 e AP-5 de águas pluviais.

Coluna AP-4 e AP-5				
Trecho	Σ pesos	Diâmetro	Vazão	Comprimento
Pia - A = Pia - D	0,7	20 mm	0,25 L/s	100 cm
VS7 - B = VS8 - E	1,7	25 mm	0,39 L/s	147 cm
A - B = D - E	0,7	20 mm	0,25 L/s	70 cm
B - C = E - F	2,4	25 mm	0,46 L/s	43 cm
C - F	2,4	25 mm	0,46 L/s	330 cm
F - G	4,8	32 mm	0,66 L/s	780 cm

Fonte: Autoria própria.

O dimensionamento do barrilete, também seguiu o modelo de consumo de máximo provável. O sistema possui dois barriletes, como mostrado na Figura C do Anexo 1. O dimensionamento dos barriletes é mostrado na Tabela 16.

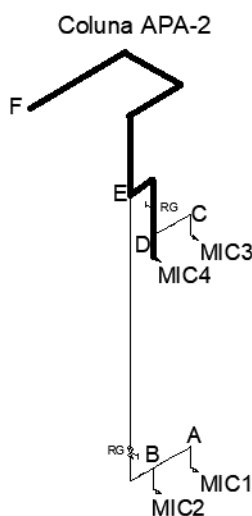
Tabela 16: Dados do dimensionamento dos barriletes.

	Σ pesos	Diâmetro	Vazão
Barrilete 1	15,6	32 mm	1,18 L/s
Barrilete 2	12,2	32 mm	1,05 L/s

Fonte: Autoria própria.

Para determinar o comprimento do barrilete, é necessário calcular a pressão dinâmica entre o ponto mais alto do barrilete e o ponto mais alto de distribuição, como mostrado na Figura 8.

Figura 8. Percurso da água até o ponto mais alto da edificação.



Fonte: Autoria própria.

Os dados de dimensionamento do barrilete como identificação do trecho, o diâmetro, a vazão, o comprimento equivalente e real da tubulação, a perda de carga unitária e a perda de carga total são mostradas na Tabela 17.

Tabela 17: Dimensionamento do comprimento do barrilete.

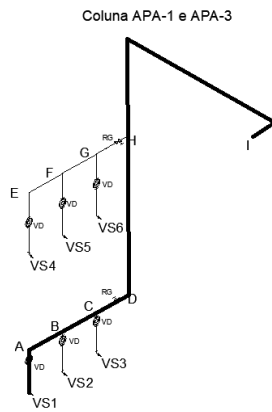
Trecho	Mic4 - D	D - E	E - F
Diâmetro (mm)	20	20	25
Vazão (l/s)	0,21	0,30	0,42
L equi. (m)	2,70	2,80	3,90
L real (m)	0,30	1,16	1,65
J (m/m)	0,037	0,070	0,044
L total (m)	3,00	3,96	5,55
Δh (m.c.a)	0,112	0,277	0,242

Fonte: Autoria própria.

A perda de carga total do trecho foi de 0,632 m.c.a, resultando no comprimento do barrilete de 1,65 m.

Os dados para a determinação da pressão no ponto mais baixo da estrutura de distribuição seguem o mesmo esquema do dimensionamento do barrilete, citado acima, e é mostrado na Tabela 18. O percurso da água do ponto mais alto do barrilete até o ponto mais baixo da estrutura é mostrado na Figura 9.

Figura 9. Percurso da água até o ponto mais baixo da edificação.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 18: Dimensionamento da pressão no ponto mais baixo da estrutura.

Trecho	VS1 - B	B - C	C - H	H - I
Diâmetro (mm)	25	25	32	32
Vazão (l/s)	0,39	0,55	0,68	0,42
L equi. (m)	6,10	2,40	5,20	6,80
L real (m)	2,40	0,92	4,65	3,00
J (m/m)	0,038	0,070	0,031	0,014
L total (m)	8,50	3,32	9,85	9,80
Δh (m.c.a)	0,326	0,233	0,309	0,132

Fonte: Autoria própria.

A perda de carga total nesse trecho, foi de 1,00 m.c.a, somado com o comprimento do barrilete, resulta em uma perda de carga total de 2,65 m.c.a, sendo este valor menor que 40 m.c.a, o dimensionamento está dentro do limite recomendado pela NBR 5626 (ABNT, 1998).

3.7 CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA E DIMENSIONAMENTO DA BOMBA DE RECALQUE

Na Tabela 19 é mostrado os dados de dimensionamento da altura manométrica da estrutura.

Tabela 19: Dimensionamento da altura manométrica de recalque e sucção.

	Recalque	Sucção
Altura Estática (m)	9,65	2,00
Diâmetro (mm)	20	25
Vazão (l/s)	0,42	0,42
L equi. (m)	7,40	8,60
L real (m)	76,75	3,50
J (m/m)	0,126	0,044
L total (m)	84,15	12,10
Δh (m.c.a)	10,614	0,528
Altura manométrica (m)	20,26	2,53

Fonte: Autoria própria.

Com o dimensionamento mostrado na Tabela 19, a altura manométrica total foi de 22,79 m.

Considerando a altura manométrica total calculada e a vazão da bomba de sucção como $1,51 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, a bomba escolhida foi o modelo BC-92 S/T AV, com 2,0 cv de potência, bifásico, 2 estágios com pressão máxima de 98 m.c.a.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação a seleção dos dados pluviométricos, o método de Thiessen se mostrou eficiente pois determinou valores que poderiam alterar o dimensionamento, caso fosse utilizado o valor médio dos dados de todos os pluviômetros. A utilização da média mensal de precipitação foi escolhida pois facilitou na determinação da quantidade de água que seria obtido mensalmente devido à chuva. O Método de Rippl foi selecionado pois para locais com pouca estiagem este método fornece um volume de reservatório

que está de acordo com a quantidade de chuva relacionada na média histórica mensal. O dimensionamento do sistema de distribuição seguiu as recomendações da NBR 5626 (ABNT, 1989) e da NBR 10844 (ABNT, 1998), sendo verificando as perdas de carga, e os limites de pressão estipulados.

A utilização de um sistema de captação e distribuição de águas pluviais no bloco D da UFGD pode ser viável devido ao elevado consumo de água de uso não potável, como em vasos sanitários e na limpeza da edificação. Essa estrutura pode refletir diretamente na conta de luz da universidade, pois atualmente o sistema de abastecimento de água é feito por um poço artesiano, onde uma bomba retira a água e distribui para as construções da UFGD. Uma recomendação útil para as estruturas de água fria da universidade é a instalação de hidrômetros nos prédios, o que facilitaria o controle do consumo de água das edificações.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.

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

BRASIL. **Concelho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. (2005). Resolução n° 357/05. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional,** Brasília, DF, p. 58-63.

BRASIL. **Projeto de Lei N.º 531, de 2015.** 2014. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/122687>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

BRASIL. **Projeto de Lei N.º 7.818, de 2014.** 2014. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=4008CCA429ABAD20C06CB6E7EEC4EB88.proposicoesWebExterno1?codteor=1541424&filename=Avuls+o+-PL+7818/2014>. Acesso em: 04 abr. 2018.

CARVALHO JÚNIOR. R. **Instalações prediais hidráulico-sanitária: princípios básicos para elaboração de projetos /** Roberto de Carvalho Junior. – 2. Ed – São Paulo: Blucher, 2016.

CICLIDAÁGUA – **Gerenciamento de recursos hídricos. Ciclo 2000 Filtro para a água da chuva.** Disponível em: <<http://ciclodagua.com/produto/ciclo-2000/>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

FURGHESTTI, K, F. **Reaproveitamento da água da chuva para fins não potáveis no centro de ensino bombeiro militar de Santa Catarina.** Florianópolis.

HIRT, B. F; STALCHMIDT, D. S. **Avaliação da filtração de águas pluviais para uso não potável.** p. 25. Curitiba, 2011. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/362/1/CT_EPC_2011_2_13.PDF>. Acesso em: 01 dez. 2018.

Machado, F. O., & Cordeiro, J. S. **Aproveitamento das águas pluviais: uma proposta sustentável.** In Anais do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004, São Luís. Disponível em:

<<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/puerto/orico29/olaya.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

MINIKOWSKI, Marcelo. MAIA, A. G. **Sistema de aproveitamento de água de chuva no município de Irati (PR)**. Ver. Acad. Ciênc. Agrár. Ambient, Curitiba, v.7, n.2, p. 181-188. 2009.

MORUZZI, R. B. et al. Avaliação do aproveitamento de água pluvial para atendimento de uso não potável no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos. **Revista Eng. Sanit. Ambient**, São Paulo, v.21, n. 1, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n1/1413-4152-esa-21-01-00017.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2018.

NORMA TÉCNICA SABESP. NT 181: **Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro-primeira ligação**. São Paulo, p. 11. 2012. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NT_S181.pdf> Acesso em: 15 set. 2018.

OLIVEIRA, L. H. de et al. **Projeto Tecnologias para Construção Habitacional mais Sustentável - Levantamento do estado da arte: Água**. São Paulo: USP, 2007. Disponível em: <<https://issuu.com/gcolombo/docs/levantam>

[entodoestadodaarte_agua_107pg](#)> Acesso em: 06 fev. 2018.

PEREIRA, S. B et al. **Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação para a Região de Dourados, MS**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Dourados, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38739/1/BP200744.pdf>. Acesso em: 08 out. 2018.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Tabela para seleção de bombas e motobombas**. Joinville. 2017. Disponível em: <<http://www.schneider.ind.br/media/205160/tabela-de-selecao-schneider-motobombas-2017.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2018.

TEIXEIRA, C. A. et al. **Análise de viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva em uma indústria metalmeccânica na região metropolitana de Curitiba PR, São Carlos – SP: UFSCar**, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/2016nahead/0104-530X-gp-0104-530X1655-14.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água Pluvial**. São Paulo: Navegar, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212011000400005>. Acesso em 28 abr. 2018

ANEXO 1

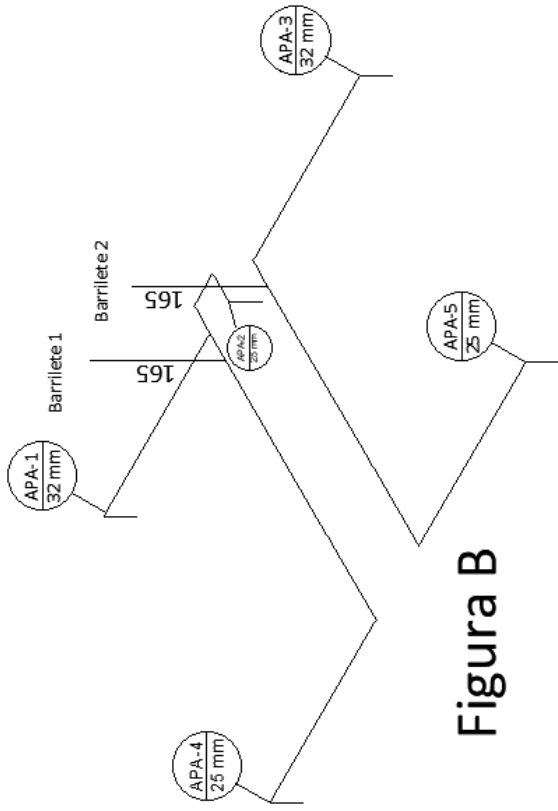


Figura B

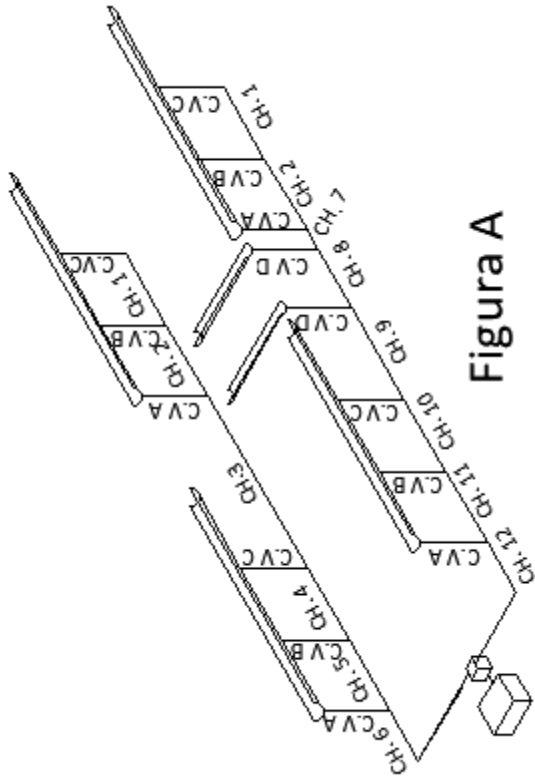


Figura A

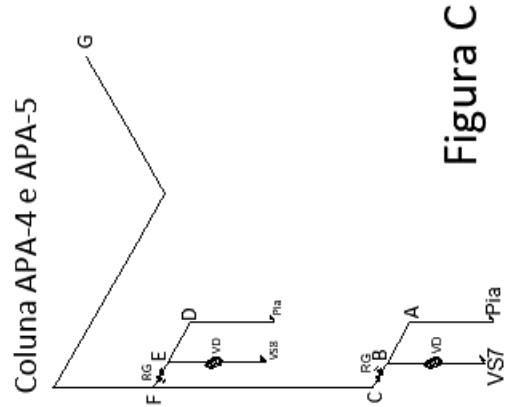


Figura C

