



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE
DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PARA ABASTECIMENTO DAS
BACIAS SANITÁRIAS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR**

Felipe Dalmoro

Lajeado, dezembro de 2017



Felipe Dalmoro

**CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE
DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PARA ABASTECIMENTO DAS
BACIAS SANITÁRIAS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Etapa II, do Curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Marcelo Freitas Ferreira.

Lajeado, dezembro de 2017

Felipe Dalmoro

**CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE
DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PARA ABASTECIMENTO DAS
BACIAS SANITÁRIAS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, na linha de formação específica em Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenheiro Civil:

Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira - Orientador
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof. Ms. João Batista Gravina
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Lajeado, 11 de dezembro de 2017.

RESUMO

Nos últimos anos, a sustentabilidade tem sido um dos fatores de maior discussão, principalmente com relação à possível escassez de água potável dentro de alguns anos. Num âmbito geral, todas as edificações a serem construídas que possuam grandes áreas impermeáveis, deveriam possuir sistemas para melhor aproveitamento das águas. Com a implementação da NBR 15527 (ABNT, 2007) que especifica as normas para a beneficiação não potável das águas pluviais captadas em áreas cobertas urbanas, foi estabelecido condições gerais sobre a concepção do sistema de coleta e aproveitamento de águas das chuvas, sendo elas sobre: calhas e condutores, reservatórios (descarte e acumulação), instalações prediais, qualidade da água, bombeamento e manutenção do sistema, servindo de base para novas construções ou adequações que visam diminuir os gastos com água potável. O principal objetivo deste presente estudo consistiu na determinação do tempo de retorno do dinheiro que se faria necessário investir, para que fosse instalado um sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais, destinadas às descargas dos vasos sanitários em uma edificação residencial multifamiliar. Pelo método de análise do *payback* simples, obteve-se 5,25 anos para o tempo de retorno, assim como para o *payback* descontado, obteve-se 6,5 anos.

Palavras-chave: Água pluvial; Captação; Aproveitamento; Sustentabilidade.

ABSTRACT

In recent years, sustainability has been one of the factors of greater discussion, especially with regard to the possible water scarcity within a few years. In general, all buildings to be constructed that have large impermeable areas, should have systems for better use of water. With the implementation of NBR 15527, Rainwater - Utilization of coverages in urban areas for non-potable purposes - Requirements (ABNT, 2007), which specifies the norms for the non-potable recovery of rainwater captured in urban covered areas, was established general conditions on the design of the system for collecting and utilizing rainwater, such as: gutters and conductors, reservoirs (disposal and accumulation), building facilities, water quality, pumping and maintenance of the system, serving as the basis for new constructions or adjustments which aim to reduce spending on drinking water. The main objective of this study was to determine the time of return of the money that would need to be invested in order to install a rainwater capture and utilization system for the discharging of the toilets in a multifamily residential building. Using the simple payback method, we obtained 5,25 years for the payback time, as well as for the discounted payback, we obtained 6,5 years.

Keywords: Rainwater; Captation; Use; Sustainability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo hidrológico da água	18
Figura 2 – Ilustração da formação de chuvas orográficas.....	21
Figura 3 – Ilustração da formação de chuvas ciclônicas	21
Figura 4 – Ilustração da formação de chuvas convectivas.....	22
Figura 5 – Pluviômetro	23
Figura 6 – Esquema de coleta de águas pluviais	32
Figura 7 – Fórmulas para cálculo da área impermeável	35
Figura 8 – Fórmulas para cálculo da área impermeável	35
Figura 9 – Tela metálica para proteção das calhas.....	37
Figura 10 – Separador de folhas.....	38
Figura 11 – Tonel como reservatório de autolimpeza	40
Figura 12 – Depósito de autolimpeza com torneira boia	41
Figura 13 – Reservatório de acumulação com ilustração do freio d'água, conjunto flutuante de sucção e extravasor	42
Figura 14 – Exemplo de reservatório para água da chuva.....	43
Figura 15 – Filtro de areia de alta taxa.....	44
Figura 16 – Clorador automático	46
Figura 17 – Clorador flutuante.....	46
Figura 18 – Bombas de recalque	47
Figura 19 – Reservatório superior.....	48
Figura 20 – Exemplificação do sistema completo	49
Figura 21 – Localização da futura edificação	53
Figura 22 – Imagem de como será o edifício	54
Figura 23 – Ábaco para calha com funil de saída	59

Figura 24 – Corte ilustrativo da tubulação que leva água para o “ <i>First Flush</i> ”	61
Figura 25 – Planta baixa reservatório inferior	63
Figura 26 – Planta baixa reservatório superior	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição do consumo de água em edificações	25
Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água pluvial destinada ao uso não potável	30
Tabela 3 – Frequência de manutenção.....	31
Tabela 4 – Reserva de consumo.....	55
Tabela 5 – Coeficientes de rugosidade	57
Tabela 6 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)	60
Tabela 7 – Acréscimo de potência	69
Tabela 8 – <i>Payback</i> descontado	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Por cento
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CV	cavalo vapor
h	Hora
INMET	Instituto de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas
L	Litros
m	Metros
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
mm	Milímetros
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PVC	Policloreto de vinila

R\$	Reais
TR	Tempo de Retorno
USP	Universidade de São Paulo
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa de pesquisa	14
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivos gerais	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Limitações da pesquisa.....	15
1.4 Estrutura da pesquisa.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Ciclo hidrológico	17
2.2 Chuvas	19
2.2.1 Chuvas orográficas ou de relevo	20
2.2.2 Chuvas ciclônicas ou frontais.....	21
2.2.3 Chuvas convectivas ou de convecção	22
2.3 Coleta de dados das chuvas	22
2.3.1 Medição da chuva.....	22
2.3.2 Análise dos dados das chuvas	24
2.4 Sobre a água potável	24
2.4.1 Distribuição do consumo de água residencial	24
2.4.2 Conservação e uso racional da água	26
2.4.3 Fontes alternativas para água.....	27
2.5 Normas técnicas para aproveitamento de água das chuvas.....	28
2.6 Funcionalidade de um sistema de coleta, tratamento e aproveitamento das águas das chuvas.....	31
2.7 Componentes que fazem parte do sistema de coleta, tratamento e aproveitamento de águas pluviais	34
2.7.1 Área de coleta.....	34
2.7.2 Condutores	36
2.7.3 Pré-filtragem e descarte da primeira parte das chuvas	36
2.7.4 Armazenamento no reservatório de acumulação.....	41
2.7.5 Tratamento.....	43
2.7.5.1 Filtração	44
2.7.5.2 Desinfecção	45
2.7.6 Bombeamento da água para reservatório superior	47

2.7.7 Reservatório superior	47
2.7.8 Sistema de distribuição para as bacias sanitárias	49
2.8 Tempo de retorno do investimento	50
3 METODOLOGIA	51
3.1 Levantamento dos dados pluviométricos e fatores meteorológicos	51
3.2 Determinação do edifício	52
3.3 Consumo de água	54
3.4 Vazão de projeto	55
3.5 Dimensionamento das calhas	56
3.6 Dimensionamento dos condutores verticais e horizontais	58
3.7 Descarte da primeira parcela das chuvas	60
3.8 Volume de armazenagem	62
3.9 Definição dos reservatórios	63
3.10 Sistema de bombeamento	65
3.10.1 Vazão de recalque	69
3.10.2 Diâmetro de recalque e de sucção	70
3.10.3 Altura geométrica	70
3.10.4 Perda de carga total na sucção e no recalque	71
3.10.5 Altura manométrica	73
3.10.6 Potência do conjunto moto-bombas	73
3.11 Tratamento da água	74
3.12 Rede de água fria	74
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	75
4.1 Custo de implementação	75
4.2 Economia de água potável	76
4.3 Tempo de retorno do investimento	77
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
APÊNDICE A - Máximas chuvas diárias anuais de Lajeado	85
APÊNDICE B - Valores obtidos para determinação do Tempo de Retorno.....	87
APÊNDICE C - Chuva diária associada a um Tempo de Retorno para Lajeado	89
APÊNDICE D - Tabela PDF para Lajeado.....	91
APÊNDICE E - Valores de Durações de Porto Alegre para ajuste estatístico....	93
APÊNDICE F - Tabela IDF com ajuste estatístico e intensidades pluviométricas estimadas.....	95
APÊNDICE G - Planta de Cobertura	97
APÊNDICE H - Planta de Calhas	99
APÊNDICE I - Planta Térreo Pluvial	101
APÊNDICE J - Planta Subsolo Pluvial (Saída do <i>First Flush</i>).....	103
APÊNDICE K - Planta Reservatório Subsolo Pluvial	105
APÊNDICE L - Planta Reservatório Subsolo Hidráulico	107
APÊNDICE M - Planta Térreo Hidráulico	109
APÊNDICE N - Planta Reservatório Superior Hidráulico	111
APÊNDICE O - Água Fria 10º Pavimento	113
APÊNDICE P - Água Fria 9º Pavimento	115
APÊNDICE Q - Água Fria 3º ao 8º Pavimento.....	117
APÊNDICE R - Água Fria 2º Pavimento	119

APÊNDICE S - Corte AA.....	121
APÊNDICE T - Corte BB.....	123
APÊNDICE U - Orçamento	125
ANEXO A - Índices pluviométricos históricos de Lajeado	128

1 INTRODUÇÃO

Para haver vida no nosso planeta, necessitamos de água. Contudo, a quantidade de água potável no mundo está se tornando cada vez mais escassa. Fatores como o crescimento populacional acentuado, aumento da demanda de água e poluição ambiental, são os principais motivos causadores dessa preocupação.

Por conta disto, observa-se uma crescente importância quanto ao tema de conservação das águas no contexto das construções sustentáveis. A solução, ou melhor, uma forma de frear esses usos desordenados das águas é buscar tecnologias e processos que visam um melhor aproveitamento dos recursos naturais, maior conforto e economia nas edificações. Essa busca por métodos de otimizar o uso da água, assim como ações de marketing, com o intuito de conscientizá-las sobre o assunto, não param de aumentar (SELLA, 2011).

Para uma edificação, existem alguns tipos de sistemas para diminuição da demanda de água potável, como reuso de águas cinzas e se beneficiar das águas das chuvas, ao fazer a coleta e tratamento da mesma, para posterior uso.

Segundo May (2009), quando tratadas de forma apropriada e sem oferecer riscos à saúde dos usuários, as águas cinzas e as águas pluviais podem ser utilizadas para o consumo não-potável nas edificações como na irrigação de jardins, na lavagem de calçadas e veículos, na limpeza de roupas e calçados e nos vasos sanitários.

Ao encontro com a ideia de sustentabilidade, neste trabalho foi proposta a utilização das águas das chuvas para descargas em bacias sanitárias, afim de

possibilitar a diminuição da demanda de água potável, bem como a redução de gastos diretos com água para os usuários.

Basicamente, a ideia deste trabalho consistiu em analisar a viabilidade econômica de implantação da prática de coleta e uso das águas das chuvas em uma edificação residencial multifamiliar, por meio de um sistema. Estudou-se o sistema necessário para o sucesso da ideia, através de estimativas pluviométricas, do consumo de água nas bacias sanitárias e dos investimentos em materiais, equipamentos e mão-de-obra, sendo possível assim a determinação do período de retorno para o investimento inicial.

1.1 Justificativa de pesquisa

Tendo em vista a crescente importância dada aos meios e formas sustentáveis, principalmente nas diversas áreas da construção civil, e com o intuito de mudar alguns hábitos construtivos de edifícios hoje executados na região de Lajeado, o presente trabalho vem ao encontro com a ideia de projetar em um edifício à ser executado, um sistema completo de coleta, tratamento e uso da água não potável para descargas em vasos sanitários. Possibilitando a economia de energia gasta nas estações de tratamento de água e a própria água já tratada, não à desperdiçando para usos onde existe a possibilidade de utilização da água em condições não potáveis.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos gerais

Este trabalho apresenta o dimensionamento e estudo de viabilidade econômica de um sistema que coletará as precipitações pluviométricas numa dada área de

cobertura de uma edificação residencial multifamiliar, tal sistema será dimensionado atendendo às especificações e determinações da NBR 15527 (ABNT, 2007).

O sistema completo contemplará as etapas de captação das águas das chuvas, filtragem, armazenamento, tratamento e disponibilização para utilização. Para isso, todas as tubulações e equipamentos que se façam necessários, estarão adequadamente dimensionados.

1.2.2 Objetivos específicos

O presente trabalho tem por objetivos específicos, determinar o tempo de retorno do dinheiro que seria investido na implantação de um sistema de captação das águas das chuvas, cuja destinação das águas é exclusiva para às descargas dos vasos sanitários de um edifício multifamiliar a ser executado na cidade de Lajeado, Rio Grande do Sul, analisando os custos de implantação em relação ao custo com uso de água potável.

1.3 Limitações da pesquisa

A pesquisa se limitará a um estudo sobre as precipitações, coleta, condutores, armazenamento, tratamento e disponibilidade das águas pluviais destinadas para descarga de vasos sanitários de um edifício residencial multifamiliar na cidade de Lajeado. Sem aprofundamento nas características físico-químicas e bacteriológicas das águas.

1.4 Estrutura da pesquisa

O capítulo 1, faz a introdução referente ao tema do trabalho a ser desenvolvido, apresentando quais são os objetivos gerais e específicos.

O capítulo 2, é remetido a revisão bibliográfica, onde são abordados assuntos sobre a água e o seu ciclo hidrológico, formas de precipitações das chuvas e como são coletados os dados das mesmas, citando as normas que devem ser seguidas e equipamentos que podem ser usados na composição do sistema, ao qual se remete este trabalho, além de abordar a forma de análise do tempo de retorno do investimento.

O capítulo 3, aborda a metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho, expondo os materiais e métodos, tudo dentro das normas.

Já no capítulo 4, são apresentados os resultados de economia de água potável e o tempo de retorno estimado para que o valor investido no sistema se pague.

E por último, no capítulo 5, é apresentado as considerações finais sobre este trabalho de conclusão de curso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

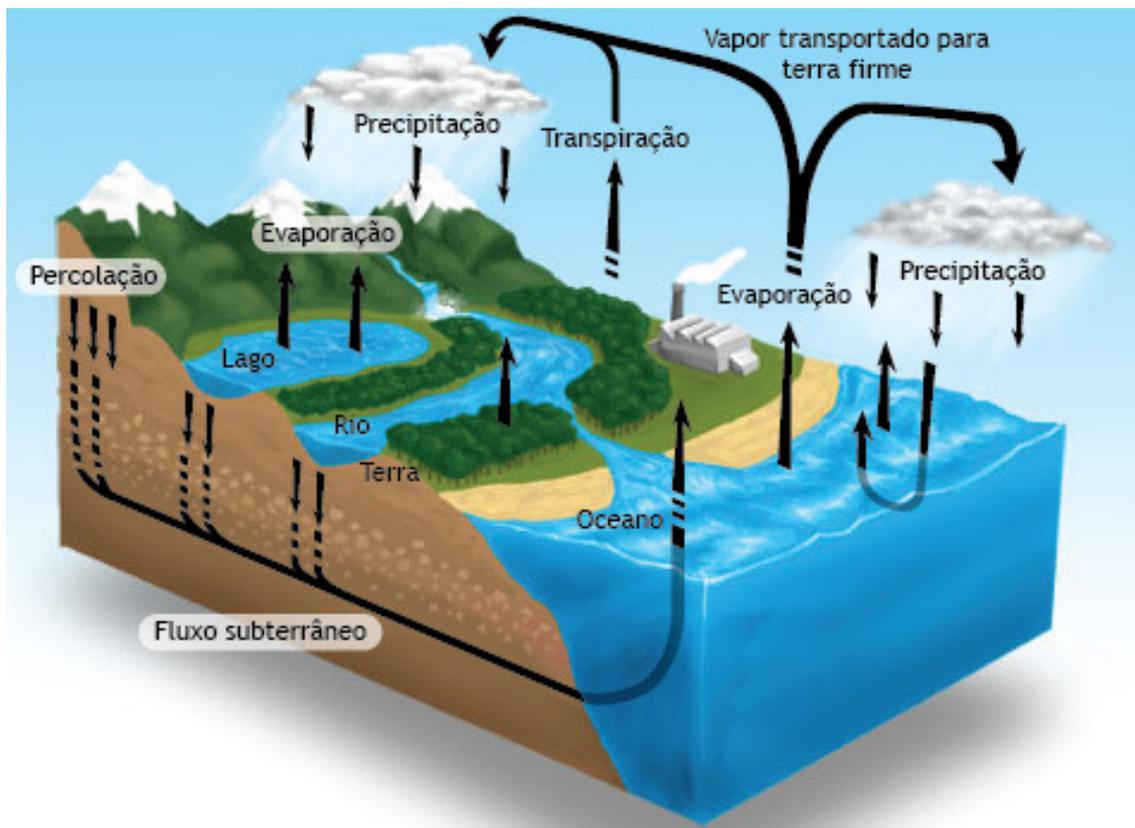
O presente referencial teórico tem por objetivos abordar assuntos, estudos e processos com ênfase no assunto tema deste projeto de pesquisa. Objetivos estes, que foram pesquisados em livros e em outros trabalhos já publicados, além de normatizações e catálogos de fabricantes dos equipamentos que se fazem necessários.

2.1 Ciclo hidrológico

Segundo May (2004), o ciclo hidrológico, também chamado de ciclo das águas, é um sistema complexo, o qual faz com que a água circule pelos sistemas da Terra, sendo o principal conceito da hidrologia. Garcez e Alvarez (1988), conceituam que o ciclo hidrológico possui duas fases principais, a fase atmosférica e a fase terrestre, onde cada uma delas abrange o armazenamento temporário de água, transporte e a mudança de estado físico.

Segundo Collischonn e Dornelles (2013), a quantidade de água que evapora da terra e dos oceanos anualmente é enorme, cerca de 577 mil km³. ano⁻¹ (quilômetros cúbicos por ano), principalmente dos oceanos, que cobrem um área muito maior que a terra. Todo esse volume evaporado volta para a superfície por meio de precipitações, em sua maior parte caindo sobre os oceanos e o restante, sobre os continentes.

Figura 1 – Ciclo hidrológico da água



Fonte: Ferreira (2012, texto digital).

É possível observar na Figura 1, que o sol possui um papel de extrema importância, visto que por conta de suas radiações solares, as águas dos oceanos, lagos, rios e de todos os seres vivos sofrem evaporação ou transpiração, retornando para a atmosfera, onde formam-se nuvens e por meio de precipitações a água retorna. Sendo este último processo o motivo principal da volta da água para a superfície terrestre, trazendo consigo, substâncias imprescindíveis à todas as formas de vida presente. Esta volta se dá por meio de precipitações, ocasionadas pela formação de nuvens (MAY, 2004).

Segundo May (2004), as precipitações ocorrem quando massas de ar se misturam, sendo uma delas com temperaturas baixas e outra com altas temperatura, e essa massa de ar saturada acaba esfriando, ocasionando as chuvas. Quando estas precipitações, entram em contato com o solo, infiltram-se, onde abastecem os aquíferos, e o que não sofre com a infiltração, escoam para os lagos e rios, percorrendo o leito do rio até chegar ao oceano. Desta água acumulada pelo processo de

infiltração, uma parte dela retorna à atmosfera via evapotranspiração e o restante retorna a superfície na forma de nascentes.

Evapotranspiração, assim denominada por muitos estudos como o conjunto dos conceitos de transpiração das plantas e vegetais e da evaporação dos solos. A transpiração das plantas e vegetais consiste na retirada de umidade do solo (por ambos), e utilizada para se desenvolver, onde os mesmos eliminam para a atmosfera partículas de água na forma de vapor (PINTO *et al.*, 1976).

Diversas são as mudanças de características que a água sofre em todo o ciclo das águas, uma delas é a perda das características que tornam a água do mar salgada, quando sofre ação da evaporação pelos raios solares, esta água é transformada em água doce. Outra característica, pertinente e importante, são quantos aos minerais que a água adquire ao entrar em contato com o solo após sua precipitação na atmosfera, transportando estes sais e minerais aos cursos d'água (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

Quando universalmente considerado, o volume de água compreendido em cada parte do ciclo hidrológico é relativamente constante; porém, quando se considera uma área limitada, as quantidades de água em cada parte do ciclo variam continuamente, dentro de amplos limites. A superabundância e a escassez de chuva representam, numa determinada área, os extremos dessa variação (GARCEZ; ALVAREZ, 1988, p. 3).

2.2 Chuvas

O processo citado anteriormente neste referencial teórico, o qual ocorre com a mistura de massas de ar com temperaturas diferentes, criando as nuvens e posteriormente, despejando a água em forma de chuva, neve ou granizo, também pode ser chamado de precipitação. Para Villiers (2002, *apud* MAY, 2004), este processo é o desprovemento de água que fora acumulado na atmosfera por meio do vapor d'água (evaporação), sobre a superfície terrestre. Sendo possível cair sob diversas formas, entre as quais ele cita, orvalho, chuveiro, chuva, granizo, saraiva ou neve.

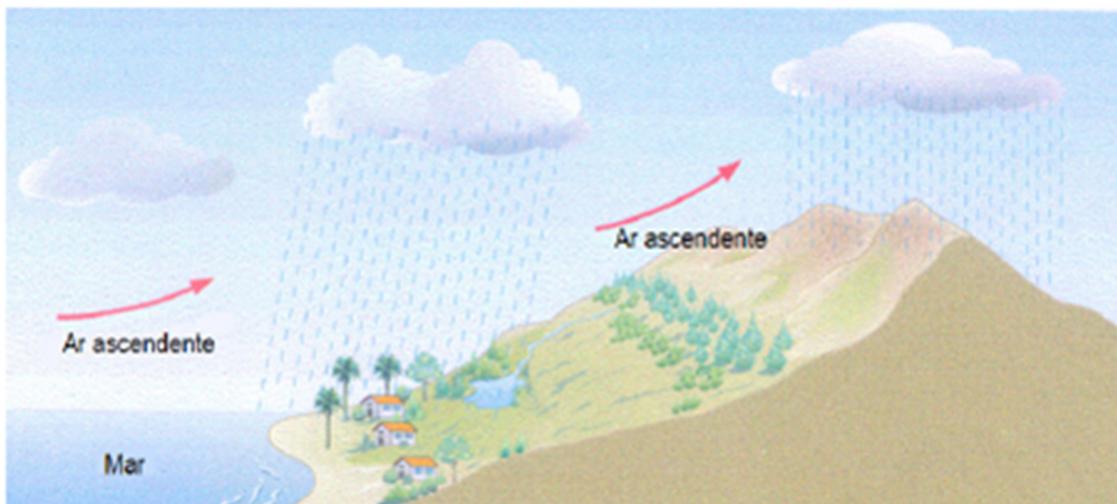
Segundo Collischonn e Dornelles (2013), a predominância de água que se encontra sobre a atmosfera do planeta, encontra-se sob a forma de vapor d'água, e esses vapores sofrem influência direta da temperatura do ar, com ela alta, a quantidade de vapor d'água aumenta. Para que ocorra a formação das nuvens, é preciso que uma massa de ar úmida tenha um movimento ascendente, e conforme ela sobe a temperatura diminui, criando então pequenas partículas de água que originam as precipitações e acabam voltando para a superfície terrestre. Dependendo da temperatura, de quão fria ela for e, da velocidade de mudança do estado gasoso para líquido ou sólido, essas precipitações, podem trazer consigo a água sob a forma de neve ou gelo, devido ao congelamento lento ou rápido das partículas de água na atmosfera.

Existem ainda outros fatores que influenciam na ação direta da formação das chuvas, o clima e relevo de uma região, padrões que ocorrem a evaporação e ações de ventos. Para Garcez e Alvares (1988), existem quatro ações que levam ao resfriamento das massas de ar, ação frontal de ventos, geografia da região, a convecção térmica e possíveis combinações destes fatores.

2.2.1 Chuvas orográficas ou de relevo

Este tipo de chuva, ocorre em regiões nas quais se faz presente relevos acentuados, como em regiões montanhosas, pois de acordo com as características físicas dessas montanhas, elas podem dificultar a passagem de ar. Nessas regiões é possível ver que a frequência de chuvas é alta, além da característica de serem chuvas localizadas e intermitentes. Esse tipo de precipitação possui tais condições visto que, por conta da topografia local, a corrente de ar ao tentar passar, acaba subindo pela superfície da montanha e ao chegar no topo, encontra-se com uma camada de ar com temperaturas mais baixas, condensando-se May (2004). Na Figura 2 é possível ver o comportamento deste tipo de chuva.

Figura 2 – Ilustração da formação de chuvas orográficas

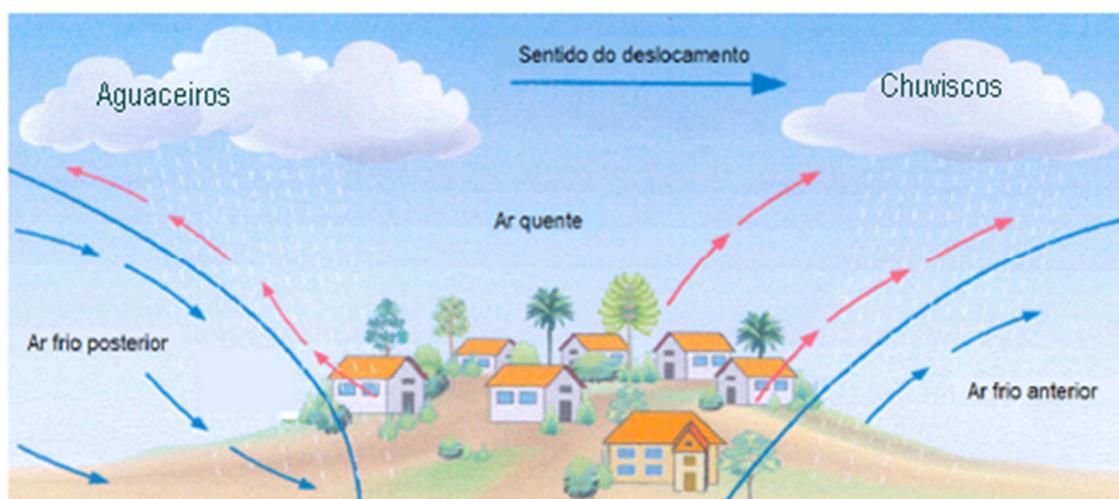


Fonte: Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica (2003, *apud* MAY, 2004, p. 16).

2.2.2 Chuvas ciclônicas ou frontais

É o resultado da conjuntura de duas massas de ar, as quais precisam possuir características de temperatura e umidade diferentes. A resultante desse encontro, é a formação de nuvens muitas vezes carregadas, que despejam água na forma de precipitação. O motivo disto é que, a massa de ar quente sobe e enfraquece, atingindo a saturação. Este tipo de chuva, pode permanecer por diversos dias sob uma região (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

Figura 3 – Ilustração da formação de chuvas ciclônicas



Fonte: Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica (2003, *apud* MAY, 2004, p. 16).

2.2.3 Chuvas convectivas ou de convecção

May (2004) cita que estas chuvas causadas pelo aumento de temperatura das massas de ar que se fazem presentes na superfície terrestre ou nos oceanos, onde ocorre a ascensão dessas massas carregadas de vapor d'água até a atmosfera. O ar sofre influência de temperaturas mais baixas e se condensa e, conseqüentemente, ocorre a chuva. Este tipo de precipitação se manifesta de forma intensa e rápida, sendo grande responsável por inundações em um curto período de tempo. Na Figura 4, é possível ver seu comportamento.

Figura 4 – Ilustração da formação de chuvas convectivas



Fonte: Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica (2003, *apud* MAY, 2004, p. 15).

2.3 Coleta de dados das chuvas

2.3.1 Medição da chuva

Quem é responsável por comandar todo o controle e gestão dos recursos hídricos brasileiro é o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Agência Nacional de Águas (ANA), as instituições foram fundadas no ano de 1909 e 2000, respectivamente. Segundo Collischonn e Dornelles (2013), existem mais de dez mil

estações pluviométricas espalhadas pelo território nacional, que fazem parte do cadastro da ANA.

O equipamento responsável pelas medições das precipitações é conhecido por pluviômetro, instrumento com características simplórias cujas dimensões são padronizadas. Na Figura 5 é apresentado um exemplo.

Figura 5 – Pluviômetro



Fonte: InsMart (2010, texto digital).

Segundo Collischonn e Dornelles (2013), muitos dos pluviômetros necessitam que as leituras sejam feitas de forma manual, porém já existem diversos tipos de diversas marcas que este processo é automático, os dados são lançados diretamente em um banco de dados, conforme definição da instituição que o detêm. São estes os dados que vão permitir as comparações da quantidade de chuvas por dia, por mês e por ano. Eles geralmente ficam dentro de diversas instalações meteorológicas oficiais e seus dados podem ser consultados por todo mundo. Contudo, é preciso tomar alguns cuidados com a posição de instalação destes equipamentos, como em lugares abertos, sem árvores e muito menos edificações, além de serem posicionados a uma altura padrão de 1,50 metros do nível do solo.

Os dados que são colhidos, são chamados de índices pluviométricos e refere-se à quantidade de chuva por metro quadrado em determinado local e em determinado período. Padronizado, seus dados calculados e informados em milímetros. Se comunicarmos que o índice pluviométrico para um determinado dia, em uma certa região, foi de 10 milímetros, significa que, se dispuséssemos de uma caixa aberta

nesse local, com 1 metro quadrado de base, o nível de água precipitada verificado dentro do perímetro da caixa, seria os mesmos 10 milímetros informados pelo índice pluviométrico (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

2.3.2 Análise dos dados das chuvas

Segundo Collischonn e Dornelles (2013), para analisar os dados pluviométricos, alguns fatores são necessários:

- Altura: a espessura média da lâmina de água da chuva precipitada que cobriria a região que a ação climática ocorreu, desconsiderando a infiltração de água no solo, a evaporação e possível escoamento para fora da região atingida;

- Duração: intervalo de duração da ação das chuvas;

- Intensidade: altura da precipitação em função do tempo de duração;

- Frequência: frequência em que determinadas quantidades de precipitação ocorrem;

- Tempo de Retorno (TR): é o tempo que uma mesma quantidade de chuva leva para ocorrer.

2.4 Sobre a água potável

2.4.1 Distribuição do consumo de água residencial

Segundo Bazzarella (2005), o volume consumido de água em uma residência, depende de diversos fatores, os quais são complicados de fazer uma estimativa certa, como, variáveis comportamentais, físicas e econômicas. Santos (2002)

segue a mesma linha de raciocínio ao citar que, as quantidades de consumo residencial de água, variam de acordo com a região, costumes e com o clima regional.

No consumo de água residencial deve-se fazer a inclusão dos gastos internos e externos. Em edificações residenciais, os usos de água referente a parte interna, são pertinentes às atividades de limpeza e higienização pessoal, já para a parte externar, são destinados a rega das plantas, lavagens de veículos, piscina, entre outros. É muito importante, conhecer o consumo específico de água em cada ponto de uma residência, assim podendo estudar meios e ações para conservar a água dentro da edificação (BAZZARELLA, 2005).

Gonçalves e Jordão (2006), apresentam uma tabela que mostra dados de três estudos realizados para levantamento e parametrização do consumo de água em edificações. Os estudos foram feitos pela empresa de aparelhos sanitários Deca, pela Universidade de São Paulo (USP) e pelo Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA).

A USP, realizou seu estudo com parceria da DECA em um de seus prédios do campus, já a Deca por conta própria, realizou o seu teste em uma residência de classe média brasileira. O último citado no parágrafo anterior, realizou a análise em um apartamento situado em um conjunto residencial de classe baixa (ROCHA *et al.*, 1998, *apud* BAZZARELLA, 2005). Abaixo segue a Tabela 1 com os dados dos três ensaios citados.

Tabela 1 – Distribuição do consumo de água em edificações

Aparelho sanitário	Deca	USP	PNCDA
Vaso sanitário	14%	29%	5%
Chuveiro	47%	28%	55%
Lavatório	12%	6%	8%
Pia de cozinha	15%	17%	18%
Tanque	-	6%	3%
Máquina de lavar roupas	8%	9%	11%

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Gonçalves e Jordão (2006).

A cidade de Porto Alegre, por meio do Decreto 9.369/1988 apresenta como consumo diário o valor mínimo de 200 litros por habitante, para fins de dimensionamentos (PORTO ALEGRE, 1988).

Assim como na cidade de Porto Alegre e segundo o Código de Obras da cidade, Lei Nº 5848/1996, Lajeado atende aos mesmos valores de consumo diário por habitante, 200 litros (Lei nº 5848, 1996).

Especificamente, para o cálculo de consumo em uma bacia sanitária Tomaz (2003) definiu como exemplo uma casa com uma habitação de cinco pessoas, e previu que cada uma das cinco pessoas, usariam o vaso sanitário para suas necessidades fisiológicas cinco vezes durante o dia, sendo o volume de 9 litros de água usados em cada ação, e estipulou ainda um acréscimo de 8% como coeficiente de vazamento de água em cada descarga.

2.4.2 Conservação e uso racional da água

Para Tomaz (1998, *apud* MAY, 2009), algumas atividades se fazem necessárias para conservar a água, como:

- Reduzir a demanda de água;
- Aperfeiçoar o uso da água, afim de reduzir os desperdícios;
- Ensinar hábitos corretos para as pessoas, como economizar água.

O conceito de “Conservação de água”, é um conjunto de ações cujas finalidades possuem objetivos de economizar a água dos mananciais, no abastecimento público e nas edificações (SANTOS, 2002).

Especificando-se ao quadro das habitações, o Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações elaborado por Sautchuk et al. (2005) definem que, qualquer ação que consiga reduzir o consumo de água; reduzir os desperdícios; reduzir a quantidade de água extraída de fontes naturais; aumentar a eficácia do seu uso; ou aumentar o reuso da mesma, é chamada de conservação da água.

Segundo Santos (2002), o uso racional de água diz respeito às ações de combate ao desperdício dos volumes de água, são elas:

- Uso de sanitários com dupla opção de descarga, minorando o desperdício;
- Medições individualizadas;
- Ações para conscientização da população;
- Estabelecimento de tarifas inibidoras ao desperdício.

2.4.3 Fontes alternativas para água

Com relação às águas usualmente distribuídas para consumo, para conservação e uso racional das mesmas, algumas alternativas se tornam interessantes como, o reaproveitamento do esgoto cinza, a coleta para aproveitamento das águas pluviais, o uso de poços artesianos e água mineral envasada (BAZZARELLA, 2005).

Segundo Bazzarella (2005), a utilização de águas das chuvas como fonte alternativa de consumo é hoje a forma mais fácil e barata para economizar água tratada. Considerando regiões em que as ações climáticas de precipitação possuem característica positiva, ou seja, região onde em termos quantitativos, o volume precipitado é considerável e as chuvas se distribuem ao longo de todo o ano.

Ainda de acordo com Bazzarella (2005), com a implantação dos sistemas públicos de abastecimento, a prática de coleta da água da chuva nas edificações ficou esquecida, mesmo sendo uma prática muito antiga. May (2004) afirma que vários países desenvolvidos, principalmente os países europeus e asiáticos, praticam o uso de águas das chuvas em suas edificações para o uso não potável.

O sistema completo para o aproveitamento das águas precipitadas é considerado simplista, em comparação com outros meios de reuso de água para fins não potáveis, como esgoto cinza. Tendo como elementos a área de captação (área impermeabilizada), rede canalizada para conduzir as águas até a unidade de tratamento, o reservatório onde a água devidamente tratada fica à disposição para ser usada e a rede para abastecer os vasos sanitários (BAZZARELLA, 2005).

Para Vaes e Berlamont (2001, *apud* MAY, 2009), a instalação do processo de aproveitamento das águas das chuvas possui muitos benefícios. Zaizen *et al.* (1999, *apud* MAY, 2009) descrevem esses benefícios:

- Controle de escoamento superficial;
- Prevenção quanto as inundações;
- Conservação de água potável;
- Aprimoramento do ciclo hidrológico para áreas de grandes centros urbanos;
- Educação ambiental.

Sobre o sistema de captação das águas das chuvas, o Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações elaborado por Sautchuk *et al.* (2005) citam alguns cuidados básicos que merecem destaque:

a) a rede hidráulica do sistema precisa ser identificada e independente da rede que abastece a edificação com água potável;

b) os pontos que possibilitam o uso das águas tratadas, devem ser identificados e ter acesso restrito;

c) pessoas que ficam incumbidas de controlar o sistema devem receber instruções especializadas;

d) os reservatórios de armazenamento devem ser específicos.

2.5 Normas técnicas para aproveitamento de água das chuvas

Apenas no mês de setembro do ano de 2007, entrou em vigor a NBR 15527 (ABNT, 2007) que especifica as normas para a beneficiação não potável das águas pluviais captadas em áreas cobertas urbanas, mesmo que sistema abordado pela norma, já vinha sendo executado há alguns anos em certas regiões brasileiras. O objetivo desta norma é fornecer a metodologia a ser seguida para implantação deste

processo alternativo para o emprego das águas. Seguem abaixo os conceitos da norma:

- **Água de chuva:** água resultante de precipitações atmosféricas coletadas em coberturas, telhados onde não haja circulação de pessoas, veículos e animais;

- **Água não potável:** água que não atente à Portaria nº518 do Ministério da Saúde;

- **Área de captação:** área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada;

- **Coefficiente de escoamento superficial:** coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e ao volume total precipitado variando conforme a superfície;

- **Conexão cruzada:** qualquer ligação física através de peça, dispositivo ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais um conduz água potável e a outra água de qualidade desconhecida ou não potável;

- **Demanda:** consumo médio (mensal ou diário) a ser atendido para uso que não seja necessário água potável;

- **Escoamento inicial:** água da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas e detritos;

- **Suprimento:** fonte alternativa de água para complementar o reservatório de água pluvial.

Ainda na NBR 15527 (ABNT, 2007), são abordadas condições gerais sobre: concepção do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais, calhas e condutores, reservatórios (de descarte e de acumulação), instalações prediais, qualidade da água, bombeamento e manutenção do sistema.

Relacionado a qualidade da água para uso não potável, os padrões de qualidade podem ser definidos pelo projetista de acordo com sua prevista utilização, Item 4.5.1 da NBR 15527 (ABNT, 2007), desde que se enquadre nos parâmetros apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água pluvial destinada ao uso não potável

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

NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.

^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

^b uT é a unidade de turbidez.

^c uH é a unidade Hazen.

Fonte: NBR 15527 (ABNT, 2007, p. 4).

Ao empregar sistemas de aproveitamento das águas, existe a possibilidade do vínculo em alguém se tornar “produtor de água” e, tornando-se responsável pelo controle destas águas. Com isso, devem ser tomados cuidados para que não haver riscos de contaminação tanto para as pessoas (SAUTCHUK et al., 2005).

O fator de maior relevância para o sucesso desse tipo de sistema é o cuidado que se deve ter na instalação do mesmo. Para que se evite contaminação, as águas pluviais não podem estar misturadas a água potável no mesmo sistema de distribuição e se faz necessário dispor de dois sistemas separados. Outro fator que uso das águas pluviais para descarga de vasos sanitários é a necessidade de desinfecção da água pois, durante o uso, podem ocorrer respingos de água e causar riscos à saúde de seus usuários, principalmente em crianças e idosos que geralmente apresentam imunidade baixa (MAY, 2009, p. 53-54).

Segundo Figueiredo (2005, *apud* MAY, 2009), as bactérias fecais que se encontram em contato com a bacia sanitária, podem elevar-se no ato da descarga, em casos podendo atingir alturas consideráveis de até 6 metros para descargas com altas pressões, e podendo ainda sobreviver no ambiente por até 2 horas, contaminando as áreas atingidas.

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), devem ser atendidos os critérios estabelecidos na Tabela 3, item 5.1, relacionado à manutenção do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais.

Tabela 3 – Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do Escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

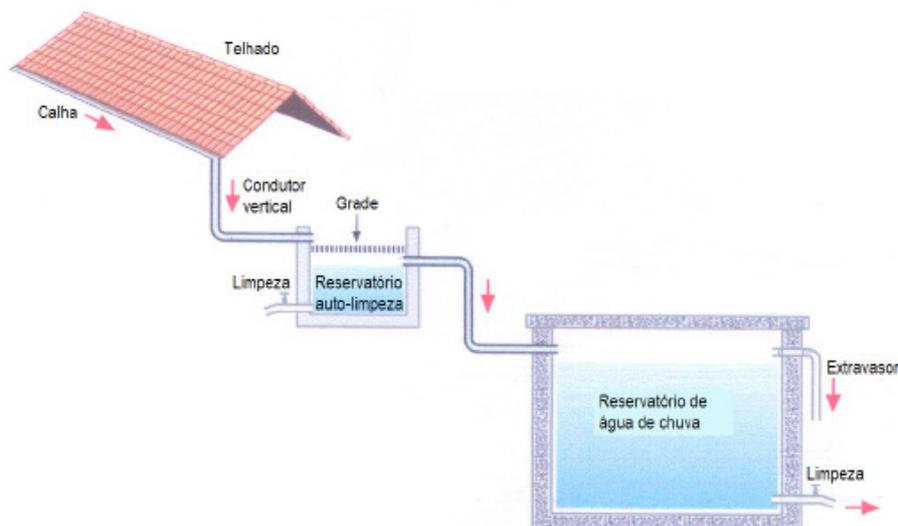
Fonte: Adaptado da NBR 15527 (ABNT, 2007).

2.6 Funcionalidade de um sistema de coleta, tratamento e aproveitamento das águas das chuvas

Segundo Krutzmann (2015), para que seja implantado um sistema de aproveitamento das águas pluviais, os seguintes elementos se fazem necessários: área para a captação das águas, transporte, tratamento, armazenamento e o uso final da água não potável. Para o Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações elaborado por Sautchuk et al. (2005), este sistema está associado aos seguintes itens: a verificação dos pontos de coleta e usos, o levantamento das precipitações, o dimensionamento da rede que captará e transportará as águas, o dimensionamento do reservatório que fará o abrigo das águas, a definição de como será o tratamento, o tratamento da água em si, o dimensionamento da rede de recalque, o armazenamento e a distribuição das águas tratadas.

A funcionalidade do sistema de coleta e aproveitamento das águas das chuvas segundo Leal (2000, *apud* MAY, 2009), possui a seguinte forma: a água é coletada dos telhados (áreas impermeáveis), segue para um reservatório de acumulação, o qual pode estar apoiado, enterrado ou até mesmo elevado do nível do solo e ser constituído de diferentes materiais como: concreto armado, alvenaria de blocos de concreto ou de tijolos, aço, plástico, poliéster, polietileno e outros. Segue na Figura 6 uma representação do processo.

Figura 6 – Esquema de coleta de águas pluviais



Fonte: Tomaz (1998, *apud* MAY, 2009, p. 50).

Segundo May (2009), é preciso tomar alguns cuidados com relação à instalação e à manutenção do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais, dentro os quais a autora cita os seguintes cuidados:

- Para evitar a proliferação de micro-organismos nos reservatórios, a entrada de luz do sol deverá ser evitada;
- A tampa de inspeção deverá estar sempre fechada;
- Dentro da tubulação do extravasador de água, deverá ser instalado uma grade, evitando a entrada de pequenos animais;
- A limpeza dos reservatórios deverá ser executada pelo menos uma vez ao ano, com intuito de remover o lodo acumulado;
- Afim de facilitar a limpeza, o reservatório de águas pluviais deverá possuir uma declividade não muito acentuada no fundo, sendo possível também a retirada do lodo acumulado;
- É recomendado instalar o reservatório de acumulação próximo ao condutor vertical, podendo ele ser elevado, enterrado ou apoiado;
- A finalidade da água é específica para uso não potável;

- O reservatório de água das chuvas, deve possuir a entrada da água potável, em casos de ausência pluviométrica por um dado período, não faltará água nas bacias sanitárias;

- A rede de água potável precisa estar acima do nível de entrada da água da chuva, evitando que esta água tratada para fins não potáveis volte pela rede de água potável;

- Se a caso as redes potáveis e de águas pluviais estejam ligadas, medidas precatórias deverão ser tomadas, evitando a contaminação do reservatório de abastecimento principal da edificação;

- Para evitar a turbulência causada pelo descarregamento da água pluvial no reservatório, deverá ser instalado um dispositivo para frear essa água, assim não agitando o material sedimentado no fundo do reservatório;

- Para facilitar a distinção da rede de água potável para a rede de água da chuva, deverá ser pintada a tubulação de águas pluviais, e também poderão ser instaladas roscas e torneiras diferentes para evitar divergências, se necessário;

- Próxima a mangueira do jardim, uma placa escrita “Água não Potável” deverá ser instalada, avisando a quem for utilizar;

- Jamais, no sistema de distribuição de água fria principal, poderão ser conectadas em conjuntos as redes, água pluvial com a água potável;

- Deverão ser analisados aspectos de qualidade das águas pluviais armazenadas;

- Deverá ser verificado qual tipo de tratamento será necessário.

2.7 Componentes que fazem parte do sistema de coleta, tratamento e aproveitamento de águas pluviais

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), O sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais em edificações deve ser formado pelos seguintes componentes: área de coleta, condutores (verticais e horizontais), mecanismo de pré-filtragem, sistema de descarte da água de limpeza do telhado, armazenamento no reservatório de acumulação, bombeamento da água para o reservatório superior, tratamento, reservatório superior e a rede de distribuição para as bacias sanitárias.

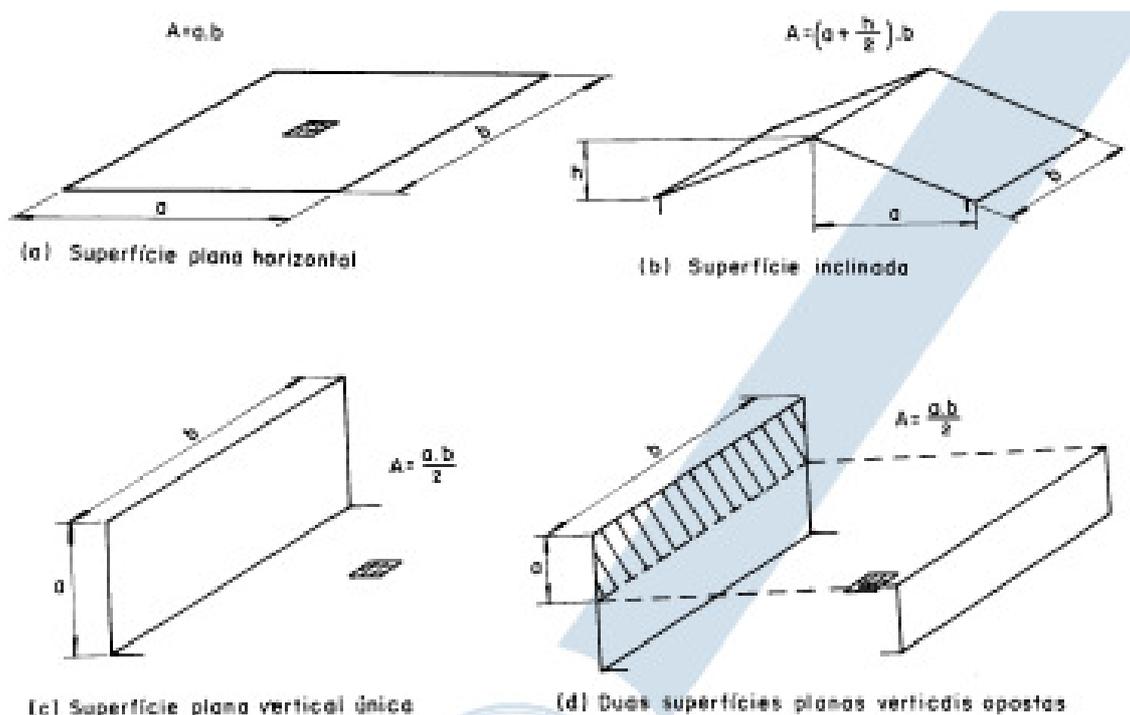
2.7.1 Área de coleta

O volume precipitado acumulado que pode ser armazenado, depende diretamente do tamanho da área de coleta, da própria precipitação atmosférica do local, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura e do fator de captação (MAY, 2009).

Para efeito de cálculo, é recomendado considerar a projeção horizontal do telhado e para casos que dispunham de área de telhado relativamente pequenas, deve-se considerar as fachadas da edificação (MAY, 2009).

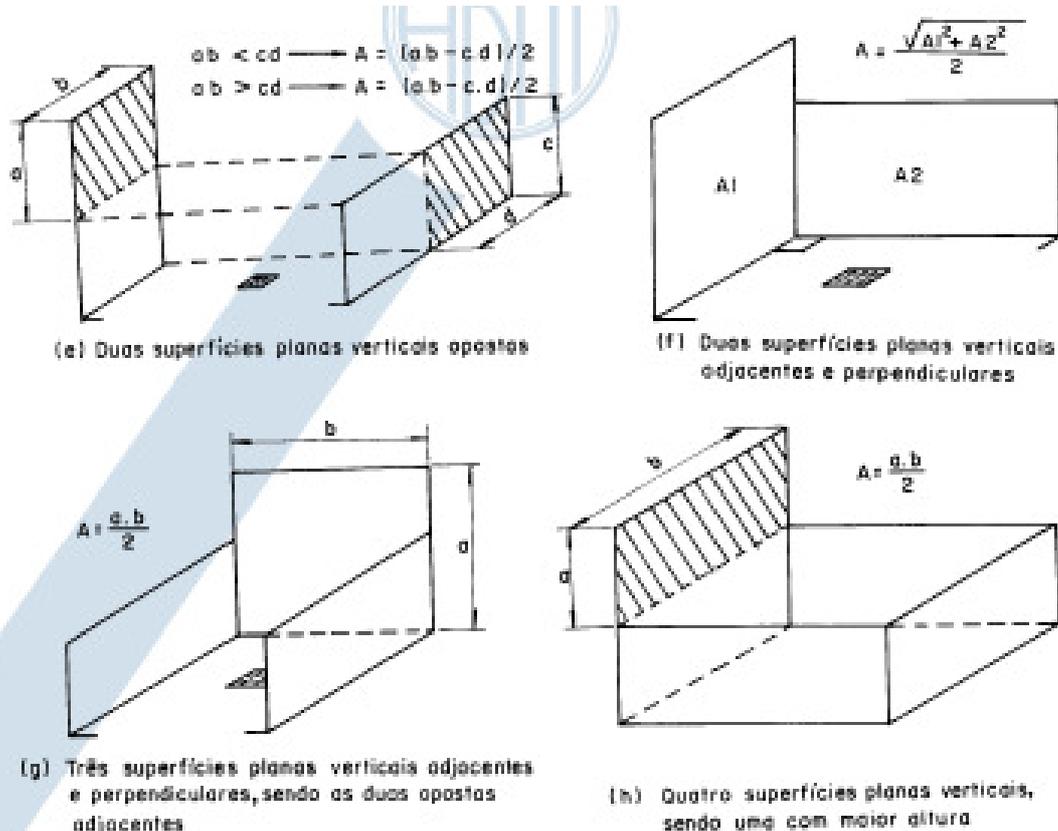
Para a NBR 10844 (ABNT, 1989), no cálculo da área de contribuição, é preciso considerar os prolongamentos da área de coleta devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água da chuva e que também deva ser drenada pela cobertura. Na Figura 7 é demonstrado o que norma considera para cálculo de área de contribuição.

Figura 7 – Fórmulas para cálculo da área impermeável



Fonte: Adaptado pelo autor da NBR 10844 (ABNT, 1989).

Figura 8 – Fórmulas para cálculo da área impermeável



Fonte: Adaptado pelo autor da NBR 10844 (ABNT, 1989).

Existem diversos tipos de materiais que são empregados na execução de telhados para a captação das águas pluviais como: cerâmica, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, vidro, policarbonato, acrílico, manta asfáltica, entre outros (MAY, 2009).

2.7.2 Condutores

Algumas bibliográficas tratam os condutores como sendo toda rede que leva as águas das chuvas até o reservatório de acumulação, constituindo de condutores horizontais e condutores verticais. Já a NBR 15527 (ABNT, 2007) faz apenas uma distinção quanto aos condutores horizontais, as calhas não são denominadas de condutores horizontais, mesmo assim, a norma que rege ambos dimensionamentos é a NBR 10844 (ABNT, 1989).

2.7.3 Pré-filtragem e descarte da primeira parte das chuvas

Afim de evitar possíveis entupimentos, por meios de folhas e gravetos, dos condutores que transportarão as águas que serão coletadas até o reservatório de autolimpeza (descarte da primeira água) ou algum outro equipamento, o sistema de coleta e aproveitamento de água das chuvas deve possuir peneiras para a retirada dessas sujeiras grosseira. Para esse processo May (2009), cita que é possível a instalação de um produto na calha, uma espécie de tela que fica por cima de toda a calha ou também, algum equipamento com a mesma finalidade, porém pouco antes do reservatório de autolimpeza. A Figura 9 mostra um dos dispositivos citados.

Figura 9 – Tela metálica para proteção das calhas



Fonte: Nova Calha (2017, texto digital).

Ao se fazer o recolhimento da água da chuva pelas calhas, faz-se necessário a instalação de um filtro de descida, esse filtro tem por finalidade reter os materiais grosseiros presentes no telhado e nas calhas, para que estes não sejam transportados pela água para o sistema de captação (KRUTZMANN, 2015, p.35).

Ainda sobre os filtros, Krutzmann (2015) descreve que diversos modelos de filtros possam ser adotados, os quais podem ser instalados diretamente nos condutores verticais ou através de uma caixa coletora, onde a água reunida percorre a rede condutora e entra na caixa coletora, a qual possui fixada em sua superfície uma tela fina ou algum outro material capaz de filtrar os materiais indesejados. Peneiras com diâmetro nominal ideais vão de 0,20mm a 1mm (TOMAZ, 2003).

Como são equipamentos muito simples, as peneiras não possuem qualquer capacidade de retenção de micro-organismos e contaminantes químicos, por conta disto, é imprescindível a limpeza periódica desse equipamento (KRUTZMANN, 2015).

Além dos filtros de peneira pode-se adquirir comercialmente filtros mais simples, os chamados separadores de folhas, esses filtros têm por finalidade reter

esses materiais transportados pelos tubos de descida das calhas, servindo como um pré-filtro para materiais filtrantes mais finos. Tem-se a presença de uma grade em forma de rampa que fará com que esses materiais sejam extraídos, sem a necessidade de limpeza frequentes do sistema (TECHNIK, 2012, *apud* KRUTZMANN, 2015).

Figura 10 – Separador de folhas



Fonte: Technik (2012, *apud* KRUTZMANN, 2015. P. 36).

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), toda aquela água coletada e que não for utilizada, pode ser lançada na rede pública de esgoto ou ser despejada no solo, desde que não tenha contaminantes prejudiciais ao lençol freático.

Além da pré-filtragem, é necessário o descarte da parcela inicial das chuvas, visto que a coleta de água pluvial requer o uso de áreas impermeáveis, as quais estão expostas ao ambiente externo, citadas no item 2.7.1. Sendo assim, a probabilidade de algum animal de pequeno ou médio porte transitar pela sua superfície impermeável é grande, podendo depositar suas fezes, mijos ou até mesmo morrendo nestes lugares. Além disso, diversas outras sujeiras podem se depositar na área, sendo trazidas pelo vento (MAY, 2009).

Para Tomaz (2003), a quantidade volumétrica de chuva que pode ser armazenada, para efeito de cálculo, não é a mesma quantidade da precipitação.

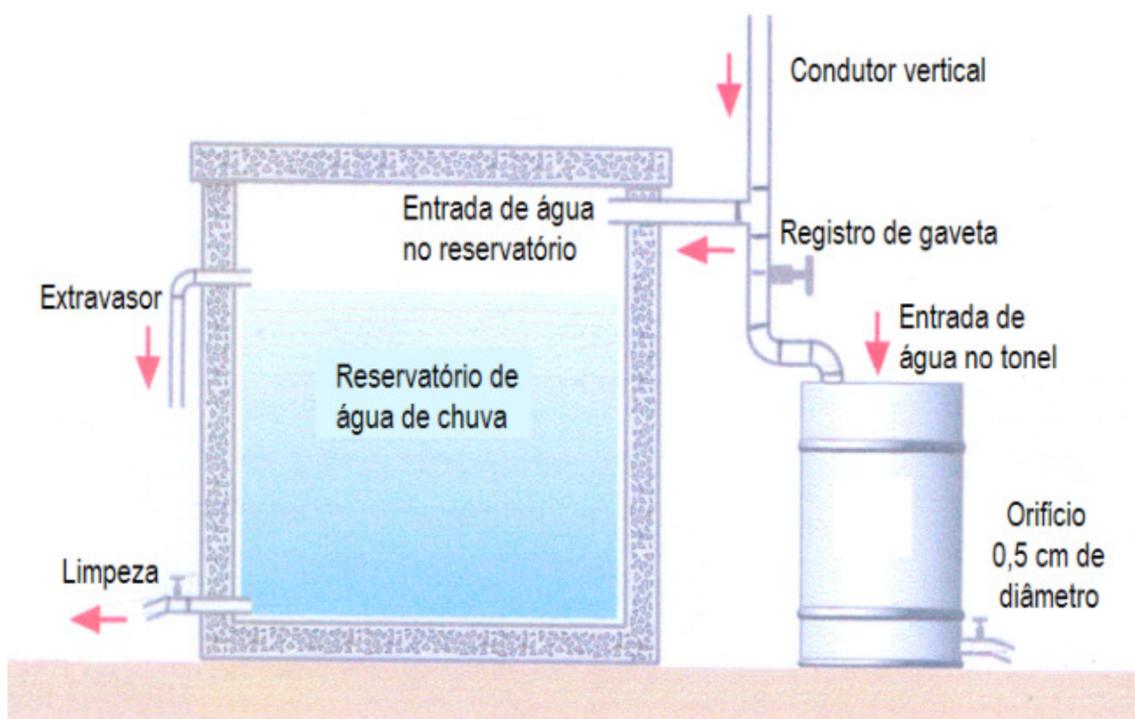
Sendo estimado o valor que varia de 10% a 33% do volume precipitado em perdas. Essas perdas são oriundas de vazamentos, evaporação, etc. O autor também cita que o ato de eliminação da primeira água da chuva é chamado de *First Flush*.

Nas diretrizes da NBR 15527 (ABNT, 2007), em nenhum momento é citado este processo, mas para que se tenham um controle eficaz de qualidade da água da chuva, deve-se eliminar os primeiros 2mm de chuva, que representa uma estimativa média de 5 a 10 minutos de precipitação e a mesma é encaminhada para a rede pluvial pública (KRUTZMANN, 2015).

May (2009) cita que algumas técnicas possam ser tomadas para descartar a primeira parcela de água que caiu sobre o telhado, entre as quais tonéis, reservatórios de autolimpeza com torneira boia ou equipamentos mais sofisticados, como mostrado nas Figuras 11 e 12.

Segundo Dacach (1990, *apud* MAY, 2004), no sistema que coleta da água pluvial, o sistema do uso de um tonel para o *First Flush* tem a seguinte funcionalidade: a água é coletada pelas calhas e transportadas pelos condutores, no final do condutor vertical, é conectado um ramal horizontal para levar essa água ao reservatório de acumulação, somente após o tonel, com a capacidade dele variando de acordo com a área de coleta, estar cheio. O tonel precisa ter um furo pequeno, de 5 milímetros diâmetro na face lateral inferior do mesmo, onde a água escoar para algum destino apropriado.

Figura 11 – Tonel como reservatório de autolimpeza



Fonte: Dacach (1990, *apud* MAY, 2004, p. 47).

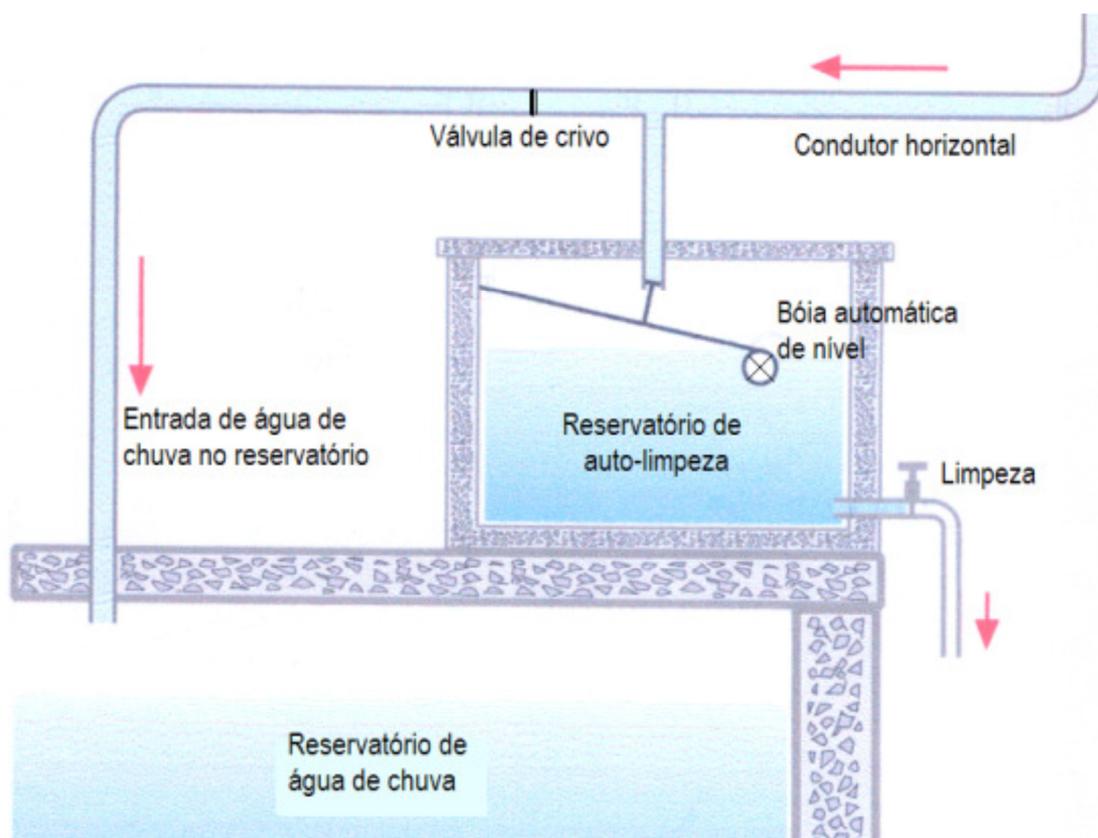
Dacah (1990, *apud* MAY, 2004) explica que ao iniciar a chuva, a precipitação coletada desce até o tonel, onde parte sai pelo orifício, na medida que o tonel vai enchendo, a vazão pelo orifício atinge seu auge pela pressão contida no tonel, e nesse momento, a água começa a escoar pelo ramal horizontal para dentro do reservatório de acumulação. Após o término da precipitação, o tonel continua a escoar a água nele contida, e no final o volume descartado é maior que a capacidade em si do tonel.

Segundo May (2004), o reservatório de autolimpeza com torneira boia é de fácil dimensionamento, ele depende apenas do volume de água precipitada que deve ser desconsiderada no início da coleta e da área impermeável que é utilizada para a mesma.

May (2004) explica que esse sistema funciona com a água da chuva sendo recolhida pelas calhas, e seguindo pelos condutores até chegar neste reservatório de autolimpeza, que fica situado sobre o reservatório de acumulação. A água entra no primeiro reservatório até enchê-lo, onde a torneira boia fecha o canal que trazia essa água. Sendo assim, os primeiros milímetros de uma dada precipitação ficam neste reservatório, o restante passa para o reservatório de acumulação para seguir até seu

uso final, nas descargas de vasos sanitários. Esta quantidade de água retida no reservatório de autolimpeza deve ser retirada com a abertura de alguma válvula ou registro instalado para esta finalidade, estando propício a receber as águas da próxima chuva.

Figura 12 – Depósito de autolimpeza com torneira boia



Fonte: Dacach (1990, *apud* MAY, 2004, p. 49).

2.7.4 Armazenamento no reservatório de acumulação

É através do reservatório de acumulação, mais conhecido como cisterna, que a água coletada da área impermeável é depositada em primeira instância. Esse reservatório pode ser construído no local ou comprado de fabricantes especializados no assunto. Vale salientar que esta cisterna deve estar protegida da luz solar, evitando que bactérias se proliferem na água (FERREIRA, 2014).

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), para saber qual é o volume do reservatório, é preciso saber as seguintes informações: área de coleta, precipitação

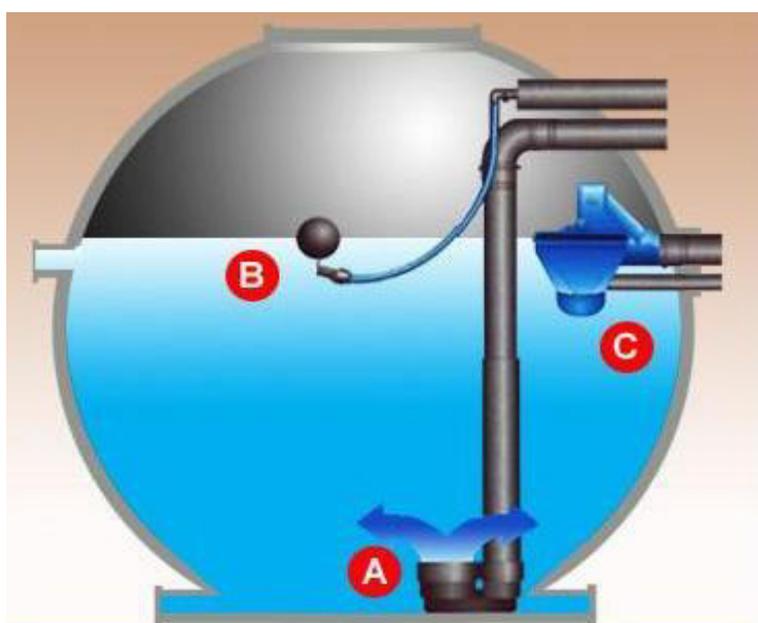
média da região, demanda, coeficiente de escoamento superficial da cobertura e a eficiência do sistema de descarte da primeira água.

Ainda segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), os reservatórios devem conter no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança, além da recomendação para que o bocal de sucção de água, o qual é destinado a levar a água pela rede de recalque até o reservatório superior, fique à 15 centímetros da superfície.

Segundo Krutzmann (2015) e May (2009), é recomendado que a captação fique um pouco abaixo da lâmina d'água pois ali é um ponto com menos sujeira. Para essa captação, geralmente é utilizado um conjunto flutuante de sucção, conforme representação da letra "B" na Figura 13.

Os autores continuam referenciando que a água coletada e transportada pelos condutores, chega no reservatório com muita velocidade, dependendo da diferença de cota entre o ponto de coleta e o próprio reservatório, sendo necessário a instalação de um freio d'água, que vai evitar a agitação da água já armazenada no reservatório de acumulação, evitando também a suspensão da sujeira acumulada no fundo do reservatório. Conforme ilustrado na Figura 13 pela letra "A".

Figura 13 – Reservatório de acumulação com ilustração do freio d'água, conjunto flutuante de sucção e extravasor



Fonte: Personal Green (2012, texto digital).

Segundo Krutzmann (2015), o tipo de reservatório vai depender das particularidades da edificação e do valor que o cliente estará disposto a desembolsar para possuí-lo, sendo o projetista a pessoa que deve selecionar as possibilidades.

Figura 14 – Exemplo de reservatório para água da chuva



Fonte: Tecno Tanques (2016, texto digital).

2.7.5 Tratamento

Antes que a água armazenada no reservatório inferior consiga chegar ao superior, onde será disponibilizada aos usuários da edificação, ela deve passar por algum tipo de tratamento, para que sua qualidade fique dentro dos parâmetros da NBR 15527 (ABNT, 2007). Ainda segundo a norma, fica a critério do projetista qual processo será submetido o sistema.

O sistema de tratamento das águas pluviais depende primordialmente da qualidade da água coletada e do seu uso específico. De modo geral, o sistema de coleta e tratamento de águas pluviais apresenta fácil manuseio, custo de implantação baixo dependendo da tecnologia adotada, e de viabilidade econômica favorável em regiões onde a precipitação anual é relativamente elevada (MAY, 2009, p. 59-60).

2.7.5.1 Filtração

Segundo Libânio (2005, *apud* MAY, 2009), a filtração é um processo utilizado com a intenção de remover as partículas responsáveis pela turbidez, aumentando a eficácia do processo de desinfecção.

Existem diversos tipos de filtros, dentre os mais antigos aos modernos, cada um com suas particularidades. Geralmente, nos sistemas de coleta e aproveitamento da água pluvial nos dias atuais, são empregados filtros modernos, pois além de ocuparem um espaço físico menor, serem de fácil instalação, sua manutenção também é considerada fácil (KRUTZMANN, 2015).

Figura 15 – Filtro de areia de alta taxa



Fonte: Leroy Merlin (2017, texto digital).

De acordo com Ruoso Junior, Kemerich e Righes (2010) um processo antigo de filtragem e com bons resultados é a filtragem realizada por um filtro de areia com fluxo reverso. Este tipo de filtro, é composto por camadas sobrepostas de brita n°1, areia com diâmetros que variam de 1 a 2,3 milímetros e mais uma camada de brita. A primeira camada de brita, que fica na parte superior, exerce a função de evitar que o

choque da água danifique a camada de areia do filtro, responsável pela filtração, posteriormente é encaminhada ao reservatório superior para seu uso não potável.

2.7.5.2 Desinfecção

Segundo Libânio (2005, *apud* MAY, 2009), podem ser usados dois grupos de desinfetantes para a desinfecção das águas pluviais destinadas ao consumo humano, os agentes químicos e agentes físicos. Onde os agentes químicos são formados por compostos com potencial de oxidação como cloro e seus compostos, dióxido de cloro e ozônio. E os agentes físicos, apresentam ação referenciada na energia de radiação, destacando-se assim as radiações UV, radiações gama e radiações solares.

Na desinfecção, é utilizável um sistema de cloração simples, como um clorador flutuante, o qual fica livre dentro do reservatório, sendo através das pastilhas de cloro localizadas dentro do mesmo, ao entrar em contato com água ocorre a desinfecção da água (VIEIRA; MENDONÇA, 2011).

Para este processo, além do clorador flutuando, podem ser empregados outros cloradores, como cloradores automáticos ou de passagem.

Figura 16 – Clorador automático



Fonte: Acquanova (2013, texto digital).

Figura 17 – Clorador flutuante



Fonte: Aqualine Piscinas (2015, texto digital).

2.7.6 Bombeamento da água para reservatório superior

Segundo Krutzmann (2015), se faz necessário o uso de bomba para levar a água tratada do reservatório de acumulação para o reservatório superior, de onde sairá a água destinada à descarga dos vasos sanitários. Sempre, o sistema deve ser constituído de duas moto-bombas, pois se uma estragar, a outra supri as necessidades enquanto que a primeira é concertada, sem que a edificação sofra com a falta de água.

Figura 18 – Bombas de recalque



Fonte: Secob Bombas (2009, texto digital).

2.7.7 Reservatório superior

Para certas edificações, se faz necessário a instalação de reservatórios superiores, os quais são abastecidos por tubulações soldáveis que levam a água por ação de bombas. Um dos reservatórios é para a água potável, enquanto o outro é para uso não potável. Para a água potável, a NBR 5626 (ABNT, 1998), especifica que

a capacidade do reservatório superior não pode ser inferior ao consumo diário da edificação, enquanto que, para a água coletada das chuvas para algum tipo de uso não potável a NBR 15527 (ABNT, 2007), menciona que o volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia, deixando a cargo da pessoa responsável pelo dimensionamento qual volume será armazenado em cima da edificação.

Os reservatórios inferiores, para ambas destinações devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1998) e NBR 15527 (ABNT, 2007).

Figura 19 – Reservatório superior



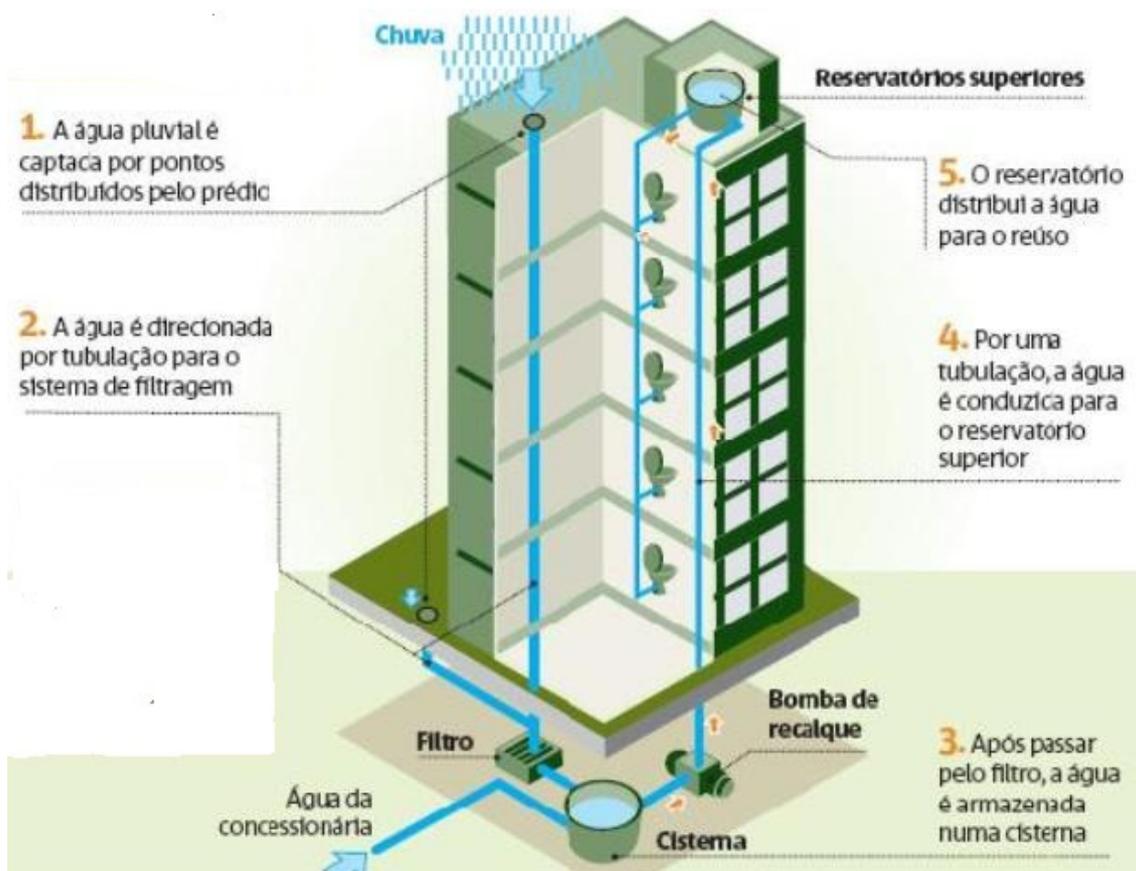
Fonte: Tigre (2017, texto digital).

2.7.8 Sistema de distribuição para as bacias sanitárias

Para o abastecimento das bacias sanitárias, a rede de água fria que liga o reservatório de água pluvial já tratada, precisa seguir as recomendações da NBR 5626 (ABNT, 1998), a qual estabelece as exigências e recomendações para a realização do projeto, execução e manutenção de instalações prediais de água fria.

Segundo Botelho e Ribeiro (2006), a água sai do reservatório superior pelo barrilete e alimenta todos os ramais de descarga das bacias sanitárias, sendo geralmente empregado uma tubulação de diâmetro nominal de 50 milímetros. Segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998), barrilete é o conjunto de tubulações que se origina no reservatório superior e do qual se derivam as colunas de distribuição.

Figura 20 – Exemplificação do sistema completo



Fonte: Larcher e Araújo (2011, texto digital).

2.8 Tempo de retorno do investimento

Segundo Bruni, Famá e Siqueira (1998, p. 2), *payback* “representa o prazo necessário para a recuperação do capital investido, podendo ser simples (sem considerar o custo de capital, valor do dinheiro no tempo) ou descontado (considerando o valor do dinheiro no tempo)”.

O *payback* simples possui como vantagem a simplicidade, sendo que sua matemática é apenas subtrações, e ele serve como parâmetro de liquidez (quanto menos tempo levar, maior a liquidez do projeto) e de risco (quanto menor, menor será o risco do projeto). Como desvantagem, ele não considera o valor do dinheiro no tempo, e não considera todos os fluxos de caixa. A vantagem do *payback* descontado é que ele considera o valor do dinheiro no tempo, e sua desvantagem fica por conta de não considerar todos fluxos de caixa do projeto (BRUNI; FAMÁ; SIQUEIRA, 1998).

O período de recuperação do investimento, conhecido como *payback* simples, é o método mais simples de avaliação econômica, ele é caracterizado como sendo o número de anos ou meses, necessários para que o valor aplicado no projeto seja recuperado, igualado ou superado (GRAVINA, 2017).

O *payback* simples é encontrado de acordo com a fórmula representada abaixo:

$$PB = \frac{\text{Inv.Inicial}}{\sum FC_{\text{Ano}}} \quad (1)$$

Onde:

PB = tempo de retorno, em anos;

Investimento Inicial = custo do investimento inicial, em R\$;

FC = fluxo de caixa ao ano, em R\$.

3 METODOLOGIA

Este trabalho visa o dimensionamento de um sistema completo de aproveitamento das águas pluviais por meio da coleta, transporte, armazenamento, tratamento e distribuição para as bacias sanitária de uma edificação residencial multifamiliar, respeitando as diretrizes da NBR 15527 (ABNT, 2007).

Além do dimensionamento, o trabalho também pretende verificar a viabilidade econômica do sistema, quantificando todos os materiais necessários, assim como a mão-de-obra para a instalação. Sendo possível então, relacionar os valores finais com os valores de economia em água potável que o sistema possibilitará.

3.1 Levantamento dos dados pluviométricos e fatores meteorológicos

Os dados pluviométricos da cidade foram obtidos através das séries históricas fornecidas pela Agência Nacional de Águas (ANA), baixados no site HidroWeb, e analisados com o auxílio do *software* Hidro 1.3. A estação que coletou os dados, nos dias atuais, encontra-se instalada dentro da área do Parque do Imigrante em Lajeado, num espaço aberto para evitar interferências no pluviômetro.

Os dados são antigos, indo de 1939 até 1980, porém como possui quatro décadas de registros, a extração de dados possui maior segurança. Para a análise, foram desconsiderados os anos de 1939 e de 1980, pois não continham registros pluviométricos de todos os meses. Com a obtenção dos dados pluviométricos,

chegou-se a precipitação média mensal de 121,4mm. Conforme o Anexo A, é possível verificar os dados das precipitações históricas da cidade.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), o tempo de retorno, é o número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica, é igualada ou ultrapassada apenas uma vez. A norma estabelece três tempos de retornos, de 1 ano, de 5 anos e de 25 anos, no qual, para este trabalho adotou-se o de 5 anos, obedecendo a norma que fixa este tempo para as características do estudo, coberturas e/ou terraços.

Ainda a NBR 10844 (ABNT, 1989), estabelece que a duração da precipitação deve ser fixada em $t = 5\text{min}$, esse tempo serve de referência para estabelecer a intensidade pluviométrica, que é a base para o cálculo da vazão de projeto.

Contudo, para a determinação da intensidade pluviométrica, é preciso conhecer os valores do tempo de retorno de 5 anos e o valor da duração das chuvas em $t = 5\text{min}$. Como a cidade de Lajeado não possui dados de chuvas por tempo de precipitação, realizou-se um ajuste estatístico, adotando-se as medições de chuva por tempo de duração da cidade de Porto Alegre.

Para a realização do ajuste estatístico e obtenção dos valores do tempo de retorno e da intensidade pluviométrica, precisou-se importar os dados das máximas chuvas diárias para cada ano e com ajuda do *software* Excel 2013 encontrou-se o valor de 232,79mm/h de intensidade pluviométrica. Os valores encontrados no procedimento estão nos Apêndices de A à F do presente trabalho.

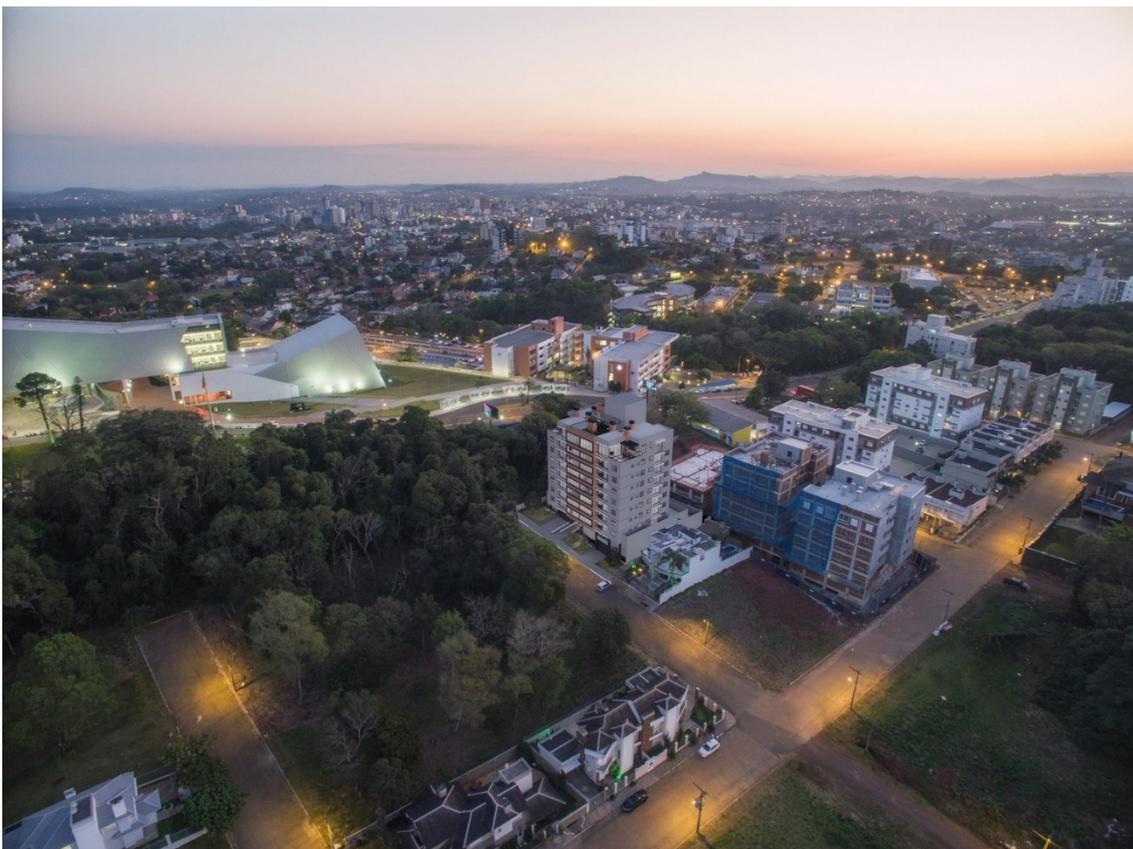
3.2 Determinação do edifício

Para a elaboração do presente trabalho, escolheu-se uma edificação em fase de aprovação na Prefeitura Municipal de Lajeado, a qual foi liberada para o respectivo estudo pela construtora dona do projeto.

A edificação será um residencial multifamiliar onde possuirá, apartamentos de dois dormitórios, com e sem suíte, apartamentos de três dormitórios com suíte, além

da opção de alteração da planta, passando de apartamento para um *loft*. O projeto também contempla um salão de festas duplex, com acesso ao terraço. Com acabamentos em alto padrão, o Residencial Eternity (como será chamado), será executado próximo à Univates, no início da Rua Ervino Arthur Thomas, no Bairro Universitário, em área residencial.

Figura 21 – Localização da futura edificação



Fonte: Inverso (2017, texto digital).

Com área total de 4.854,26m², o Eternity contará com onze pavimentos, compreendidos entre subsolo, térreo, oito andares residenciais e o último com terraço para os moradores do prédio. A edificação não contempla em seu projeto original, o sistema de reutilização de águas pluviais, tornando possível a análise deste estudo.

Figura 22 – Imagem de como será o edifício



Fonte: Inverso (2017, texto digital).

3.3 Consumo de água

Segundo o arquiteto responsável, o edifício fora projetado de forma a comportar até 166 pessoas ao mesmo tempo. Sendo que o consumo de água per capita para projetos, especificado no Código de Obras de Lajeado, é de 200 litros por dia, resultando em um montante de 33.200 litros de água para consumo diariamente.

Sabendo que a construtora responsável irá instalar nos banheiros vasos com caixa acoplada com vazões de 6 e 9 litros, utilizou-se como metodologia a referência

de Tomaz (2003), onde considerou-se que cada pessoa usa o vaso sanitário 5 vezes ao dia, com parâmetro de vazão de 9 litros, acrescido de 8% como coeficiente de vazamento por descarga. Onde encontrou-se o volume gasto por habitante de 48,6 litros por dia, ou seja, 242.028 litros por mês de água destinada ao uso dos vasos sanitários.

A Tabela 4 mostra a relação de consumo de água com relação à capacidade de armazenamento. Lembrando que a edificação possuirá mais 10.000 litros de água para os hidrantes, exigência dos bombeiros.

Tabela 4 – Reserva de consumo

Total Reserva de Consumo Potável	27.000 lts	Total Reserva de Consumo Não Potável	21.000 lts
Reservatório superior	20.000 lts	Reservatório superior	7.000 lts
Reservatório subsolo	7.000 lts	Reservatório subsolo	14.000 lts
166 Pessoas x 151,4 lts	25.132,4 lts	166 Pessoas x 48,6 lts	8.067,6 lts

Fonte: Do autor (2017).

3.4 Vazão de projeto

A vazão de projeto, segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), é a vazão que serve de referência para o dimensionamento das calhas e dos condutores. Obtêm-se ela de acordo com a seguinte equação:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (2)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

Para encontrar a área de contribuição, seguiu-se as fórmulas que a NBR 10844 (ABNT, 1989) especifica, apresentadas no referencial teórico deste trabalho, nas Figuras 7 e 8. Segue abaixo o cálculo para determinação da vazão de projeto.

$$Q = \frac{232,79 \cdot 366,56}{60} \quad (3)$$

$$Q = 1422,19 \text{ L/min}$$

Este valor de vazão de projeto, se refere a soma total das áreas de captação, telhado, laje impermeabilizada das caixas d'água e terraço. Para o dimensionamento correto, utilizou-se a maior área de telhado que cairá em uma das calhas, acrescida da metade da área da laje impermeabilizada, pois esta, direcionará as águas para os dois lados que possuirá telhado (APÊNDICE G).

O valor da soma da área de maior telhado acrescida da metade da laje é de 119,91m², resultando em uma vazão de projeto de 465,23 L/min.

3.5 Dimensionamento das calhas

Para o dimensionamento das calhas utilizou-se a NBR 10844 (ABNT, 1989), a qual especifica que as calhas devem possuir declividade uniforme, com valores entre 0,5% até 2%. A norma também cita que devem ser instalados extravasadores de água para casos onde a calha não consiga fluir todo volume precipitado, ou deve-se adotar uma calha com vazão maior ao valor encontrado no cálculo da vazão de projeto.

As calhas foram dimensionadas conforme a fórmula de *Manning-Strickler*, representada abaixo:

$$Q = k \cdot \frac{S}{n} \cdot \sqrt[3]{R_H^2 \cdot \sqrt{i}} \quad (4)$$

$$R_H = \frac{S}{P} \rightarrow R_H = \frac{a \cdot b}{a+2 \cdot b} \quad (5)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

K = 60.000

S = área da seção molhada, em m²;

P = perímetro molhado, em m;

n = coeficiente de rugosidade;

R_H = raio hidráulico, em m;

i = declividade da calha, em m/m.

Tabela 5 – Coeficientes de rugosidade

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais 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: Adaptado da NBR 10844 (ABNT, 1989).

Abaixo segue os cálculos de acordo com as equações acima apresentadas, para um telhado com folhas de fibrocimento sem amianto:

$$R_H = \frac{0,20 \cdot 0,07}{0,20 + 2 \cdot 0,07}$$

$$R_H = 0,0411 \text{ m} \quad (6)$$

$$Q = 60000 \cdot \frac{0,014}{0,011} \cdot \sqrt[3]{0,0411^2} \cdot \sqrt{0,005}$$

$$Q = 643,08 \text{ L/min}$$

As calhas adotadas são de aluzinc com seção transversal retangular conforme especificados pela empresa que fornece este tipo de material para a construtora proprietária do projeto. Com dimensões de 200mm na base com altura de 100mm, essa calha comporta uma vazão de 643,08 L/min, para uma declividade de 0,5%, sendo o volume de vazão da calha maior que a vazão de projeto, podendo desconsiderar o uso de extravasadores. Nos Apêndices G e H, é possível ver a disposição das calhas.

Para evitar que materiais grosseiros, como folhas e galhos entrem na rede coletora e possam causar entupimentos, adotou-se uma proteção de plástico que é instalada tanto nas ondas altas quanto nas ondas baixas das folhas de fibrocimento, impedindo a passagem dos materiais indesejados. Lembrando que é necessário vistoriar o local da instalação para retirar dos materiais sólidos, para possibilitar que a água flua sem problemas.

3.6 Dimensionamento dos condutores verticais e horizontais

O conjunto destes condutores, são os responsáveis por levar a água coletada pelo telhado e calhas até o reservatório de acumulação, após passar pela pré-filtragem e pelo sistema de descarte dos primeiros 2mm de chuva. Para este trabalho utilizou-se tubos de PVC, comumente utilizados nas construções, dos quais, para os

condutores verticais foram adotados quatro tubos de queda com diâmetro de 100mm, de acordo com o dimensionamento especificado na norma, através do ábaco na Figura 23.

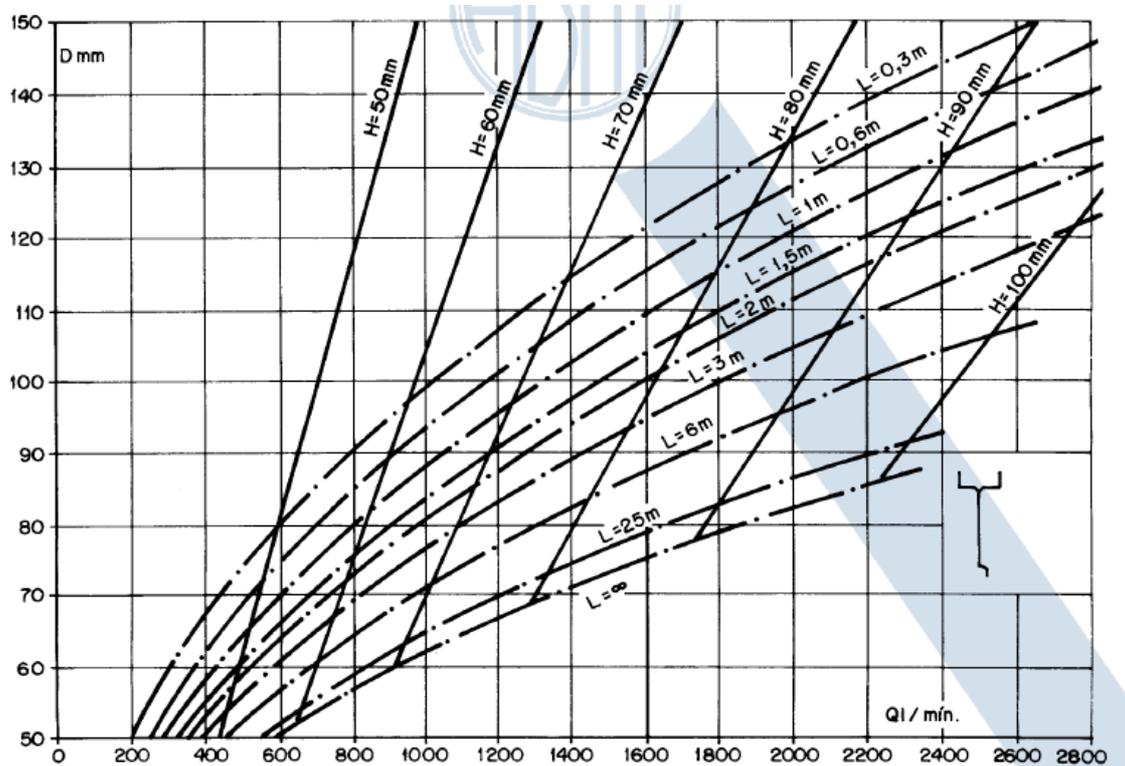
Segue os dados para manuseio do ábaco:

Q = vazão de projeto, em L/min;

H = altura da lâmina de água na calha, em mm;

L = comprimento do condutor vertical, em m.

Figura 23 – Ábaco para calha com funil de saída



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 8).

Os condutores horizontais devem possuir declividade mínima de 0,5% e instalados de forma uniforme, os mesmos necessitam de peças de inspeção sempre que houver conexões com outras tubulações, mudança de direção e quando um respectivo trecho for maior que 20m nos percursos retilíneos, além de caixas de areia para tubulações enterradas, quando compete as mesmas características solicitadas para instalação das peças de inspeção.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) traz uma tabela pronta com diversos valores para os condutores horizontais, de acordo com a fórmula de *Manning-Strickler*. Para este trabalho adotou-se tubulações com diâmetros de 40mm, 50mm, 100mm, 150mm e de 200mm, com declividades de 1% e de 2%, de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	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	622	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	1080	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptado da NBR 10844 (ABNT, 1989).

O detalhamento dos condutores verticais e horizontais podem ser vistos nos Apêndices H, I, J e K.

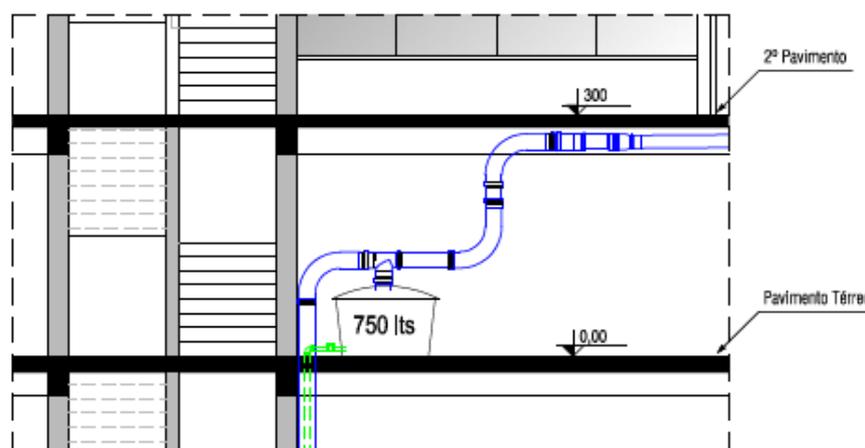
3.7 Descarte da primeira parcela das chuvas

Conforme citado no referencial teórico, a NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda o descarte dos primeiros 2mm de chuva, afim de retirar impurezas contidas no local de coleta. Lembrando que o descarte dessa primeira parcela de água pluvial não acontecerá para todas as chuvas, deve-se exigir bom senso da pessoa responsável pelo sistema, pois muitas vezes as chuvas terminam em um dia e continuam no outro, sem que haja tempo para acumular sujeira área de coleta.

Para determinar o volume que representa essa quantidade de chuva, pegou-se a área de captação e multiplicou-se pelo valor de 0,002m (2mm de chuva), resultando no volume de 0,74m³ que deve ser desprezado para uso não potável.

A Figura 24 ilustra o sistema de descarte dos primeiros 2mm de chuva, onde o volume de água coleta que corre pelos condutores verticais, passa para os condutores horizontais, os quais trazem a água para a cisterna que se localiza no andar térreo, está água entra no reservatório e quando o mesmo estiver cheio, possibilitará que o restante das águas das chuvas siga pela tubulação que a levará para o reservatório de acumulação, dois níveis abaixo.

Figura 24 – Corte ilustrativo da tubulação que leva água para o “*First Flush*”



DETALHE – ILUSTRAÇÃO FIRST FLUSH

Fonte: Do autor (2017).

O valor calculado fora de $0,74\text{m}^3$ representando o montante de 2mm de chuva, para tal, utilizou-se um reseratório de $0,75\text{m}^3$ para represar esse volume que deve ser desprezado. Essa pequena diferença a mais no volume de água que será jogado fora não interferirá nos resultados finais.

No Apêndice I, é possível verificar em planta os condutores horizontais e sua disposição para com o sistema de descarte dos primeiros 2mm de chuva. Assim como a tubulação de limpeza desta cisterna.

3.8 Volume de armazenagem

Para encontrar o volume de água pluvial que pode ser armazenado mensalmente, seguiu-se a equação de volume aproveitável disposta na NBR 15527 (ABNT, 2007).

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot n_{\text{fator de captação}} \quad (7)$$

Onde:

V = volume anual, mensal ou diário de água a chuva aproveitável, em m³;

P = precipitação média anual, mensal ou diária, em m;

A = área de coleta, em m²;

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$n_{\text{fator de captação}}$ = eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso seja utilizado.

Segundo Tomaz (2009), o coeficiente de escoamento superficial da cobertura pode ser adotado como sendo 0,95, e como utilizou-se o sistema de *First Flush*, o mesmo recomenda utilizar o valor de 0,90 como valor de eficiência do sistema.

$$V = \frac{121,4}{1000} \cdot 366,56 \cdot 0,95 \cdot 0,90 \quad (8)$$

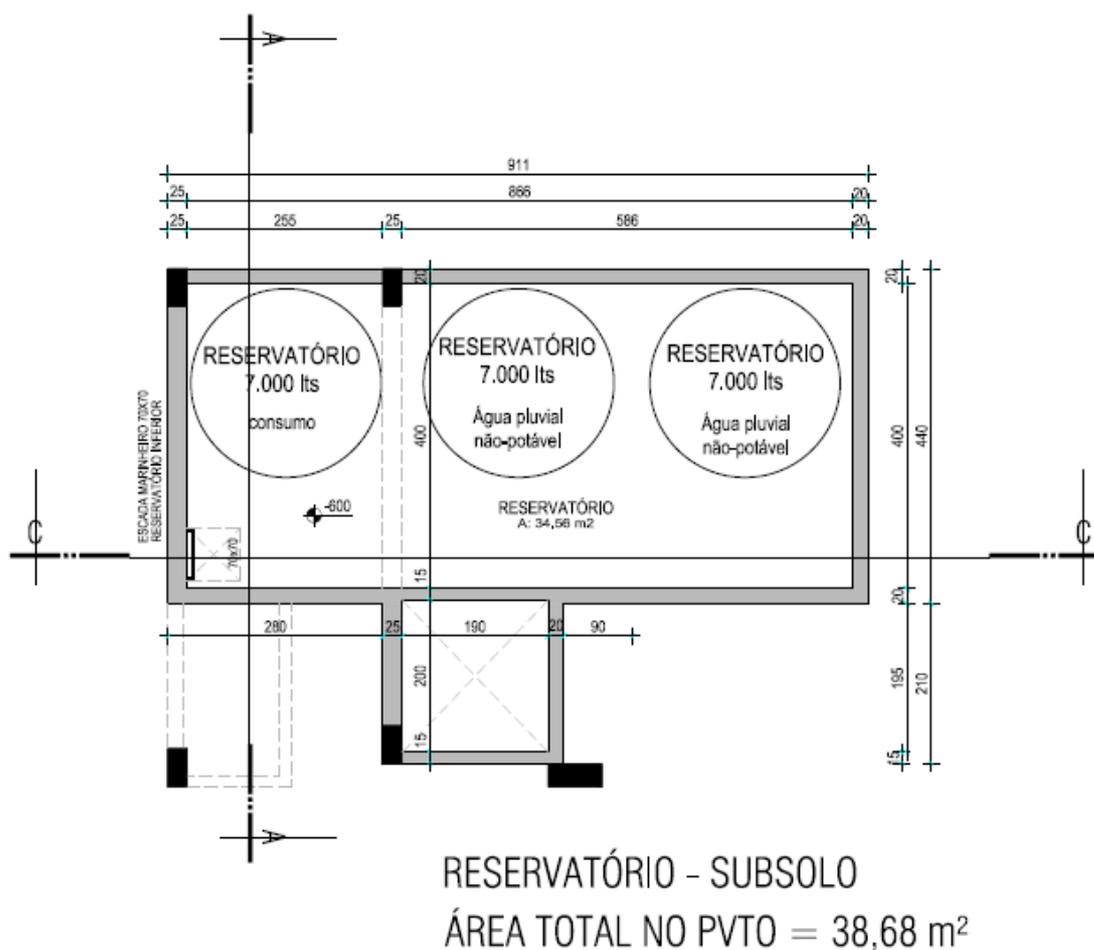
$$V = 38\text{m}^3$$

Para uma média mensal de 121,4mm de chuva, temos um volume aproximado de 1,27m³ de água que representa a coleta diária de chuva.

3.9 Definição dos reservatórios

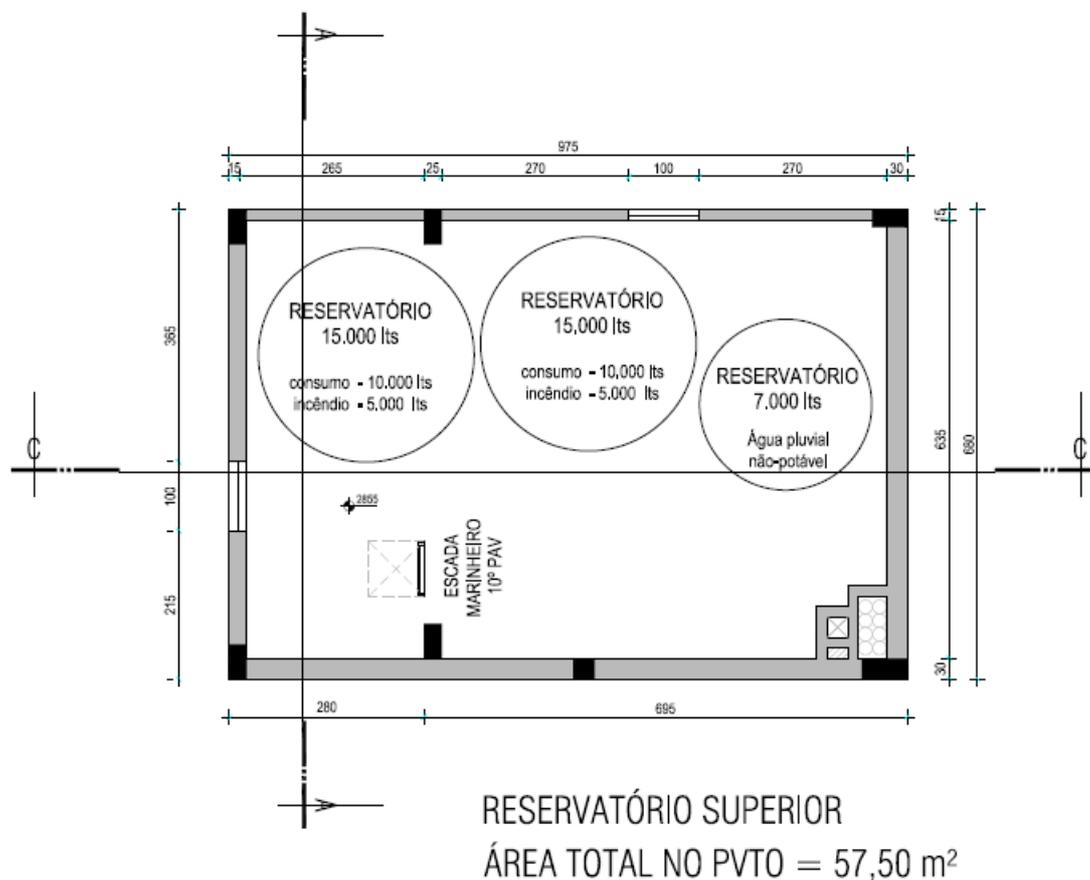
Sabendo o volume de chuva coletável, adotou-se três reservatórios para o sistema, ambos com capacidade para armazenar até 7.000 litros de água, dos quais, um ficará no nível superior e os demais no subsolo. Conforme visto nas Figuras 25 e 26.

Figura 25 – Planta baixa reservatório inferior



Fonte: Do autor (2017).

Figura 26 – Planta baixa reservatório superior



Fonte: Do autor (2017).

Com capacidade total de 21.000 litros de água, as caixas d'água podem reter uma grande quantidade de água, principalmente para aqueles dias em que o volume precipitado é elevado. Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), os reservatórios devem possuir extravasadores para evitar transbordamentos, além disso, no reservatório inferior precisou-se instalar um dispositivo para frear a chegada da água dos condutores, conforme referencial teórico. Também se fez necessário a instalação de uma chave boia automática no reservatório superior, a qual ativa o funcionamento das moto-bombas, e a instalação de uma válvula solenoide no reservatório inferior, para liberar a entrada de água potável quando o nível de água estiver bem baixo.

De acordo com a Lei Federal 4931/01 tem-se a partir do ano de 2015 a obrigatoriedade de realizar a medição individualizada de água no prédio, sendo assim, a medição da água potável utilizada para completar o limite de armazenagem é

dividida em iguais partes para os apartamentos ocupados do residencial, pertencendo à taxa de condomínio.

Para servir como extravasadores no reservatório superior, utilizou-se tubos de diâmetro de 100mm, destinando o excesso de água para fora do reservatório, sem inundar o local, conforme Apêndice N. Para o reservatório inferior, direcionou-se essa tubulação de mesmo diâmetro para a rede de esgoto público (APÊNDICE K).

3.10 Sistema de bombeamento

Como a edificação possui uma altura elevada, necessitou-se a instalação de um sistema que levasse a água do reservatório de acumulação para o reservatório superior, para posterior aproveitamento nas bacias sanitárias. O sistema de bombeamento, consiste em duas moto-bombas funcionando alternadamente e tubulações de sucção e de recalque.

Para o dimensionamento do sistema, utilizou-se a NBR 5626 (ABNT, 1998) como referência, a qual especifica que o diâmetro da rede de sucção deve ter tamanho ligeiramente superior à rede de recalque, além de salientar que as moto-bombas trabalham de 4 a 6 horas por dia, bombeando água para o reservatório superior.

A metodologia de cálculo para o dimensionamento do sistema de bombeamento consiste em seis etapas, as quais seguem abaixo:

a) Vazão de recalque:

É a vazão em m³/s que precisa ser bombeada dentro do período de funcionamento das moto-bombas.

$$Q_r = \frac{C_d}{T \cdot 3600} \quad (9)$$

Onde:

Q_r = vazão de recalque, em m^3/s ;

C_d = consumo diário, em m^3 ;

T = tempo de funcionamento das moto-bombas, em horas.

b) Diâmetro de recalque e de sucção:

É o diâmetro das tubulações que deve ser utilizado. Para o dimensionamento da tubulação de recalque, a NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda adotar a fórmula de Forchheimer, representada pela Equação 10:

$$D_r = 1,3 \sqrt{Q_r} \sqrt[4]{\frac{h}{24}} \quad (10)$$

Onde:

D_r = diâmetro de recalque, em m;

Q_r = vazão de recalque, em m^3/s ;

h = número de horas de funcionamento das moto-bombas, em horas.

c) Altura geométrica:

É a altura de elevação, ou seja, desnível entre o nível mínimo do reservatório inferior e o nível máximo do reservatório superior.

$$H_g = H_{gs} + H_{gr} \quad (11)$$

Onde:

H_g = altura geométrica, em m;

H_{gs} = altura geométrica de sucção, em m;

H_{gr} = altura geométrica de recalque, em m.

d) Perda de carga total na sucção e no recalque:

$$\Delta h_s = J_s \cdot (LR_s + LE_s) \quad (12)$$

$$\Delta h_r = J_r \cdot (LR_r + LE_r) \quad (13)$$

$$J_r = J_s = 8,69 \times 10^6 \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (14)$$

Onde:

Δh_s = perda de carga total na sucção, em m;

J_s = perda de carga unitária na sucção, em kpa/m;

LR_s = comprimento real da tubulação de sucção, em m;

LE_s = comprimento equivalente da tubulação de sucção, em m;

Δh_r = perda de carga total no recalque, em m;

J_r = perda de carga unitária no recalque, em kpa/m;

LR_r = comprimento real da tubulação de recalque, em m;

LE_r = comprimento equivalente da tubulação de recalque, em m;

Q = vazão estimada na seção considerada, em L/s;

D = diâmetro interno da tubulação na seção considerada, em mm.

e) Altura manométrica:

É a altura a ser vencida quando o sistema está em operação, ou seja, é a soma da altura geométrica com as perdas de cargas totais na sucção e no recalque, vide Equação 15:

$$H_m = H_g + \Delta h_s + \Delta h_r \quad (15)$$

Onde:

H_m = altura manométrica, em m;

H_g = altura geométrica, em m;

Δh_s = perda de carga total na sucção, em m;

Δh_r = perda de carga total no recalque, em m.

f) Potência do conjunto moto-bomba:

É a potência que as moto-bombas precisam possuir para vencer o desnível existente entre o nível mínimo do reservatório inferior com o nível máximo do reservatório superior, acrescido das resistências calculadas nas perdas de cargas totais de sucção e de recalque, levando o volume de água necessário para consumação residencial.

$$P = \frac{\gamma \cdot Q_r \cdot H_m}{75 \cdot \eta} \quad (16)$$

Onde:

P = potência do conjunto moto-bomba, em CV;

γ = peso específico do fluido bombeado (água = 1.000kg/m³);

Q_r = vazão de recalque, em m³/s;

H_m = altura manométrica, em m;

η = rendimento global do conjunto moto-bomba.

Após determinação da potência do conjunto de moto-bombas pela equação disposta acima, a norma recomenda um acréscimo no valor da potência de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 – Acréscimo de potência

Potência calculada (CV)	Acréscimo (%)
Até 2	50
2 - 5	30
5 - 10	20
10 - 20	15
Acima de 20	10

Fonte: Adaptado da NBR 5626 (ABNT, 1998).

3.10.1 Vazão de recalque

Utilizando a Equação 9, encontrou-se a vazão em m³/s, que precisa ser elevada para o reservatório superior, referente ao volume estimado de consumo para uso das descargas nos casos sanitários. Conforme calculado anteriormente, o consumo diário é de 8.067,6 L/dia.

$$Q_r = \frac{C_d}{T \cdot 3600}$$

$$Q_r = \frac{8,0676}{6,7 \cdot 3600}$$

(17)

$$Q_r = 0,00033447 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.10.2 Diâmetro de recalque e de sucção

Sabendo os valores de vazão de recalque e considerando o funcionamento horário máximo das moto-bombas, é possível encontrar o diâmetro necessário de recalque.

$$D_r = 1,3 \sqrt[4]{Q_r \frac{h}{24}}$$

$$D_r = 1,3 \sqrt[4]{0,00033447 \frac{6,7}{24}} \quad (18)$$

$$D_r = 0,0172 \text{ m}$$

$$D_r = 17,20 \text{ mm}$$

Com base no valor encontrado, utilizou-se tubulação com diâmetro comercial de 25mm para a rede de recalque e para a tubulação de sucção, a NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda um valor comercial maior que a rede de recalque. Sendo assim, adotou-se uma tubulação com diâmetro de 32mm para a sugar a água do reservatório de acumulação.

3.10.3 Altura geométrica

Analisando a disposição dos reservatórios em planta, encontrou-se os seguintes valores para a altura estática.

$$H_g = H_{gs} + H_{gr}$$

$$H_g = 0 + 35,40 \quad (19)$$

$$H_g = 35,40 \text{ m}$$

O valor da altura geométrica de sucção foi desconsiderado, pois as bombas estão situadas praticamente no mesmo nível.

3.10.4 Perda de carga total na sucção e no recalque

Para encontrar as perdas de cargas totais nas duas tubulações, primeiro encontrou-se os valores de perda de carga unitária, tanto para a tubulação de sucção, quanto para a de recalque, através da Equação 14.

$$J_r = J_s = 8,69 \times 10^6 \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$J_r = 8,69 \times 10^6 \frac{0,33448^{1,75}}{20^{4,75}}$$

(20)

$$J_r = 0,845 \text{ kpa/m}$$

$$J_r = 0,0845$$

$$J_s = 8,69 \times 10^6 \frac{0,33448^{1,75}}{25^{4,75}}$$

$$J_s = 0,293 \text{ kpa/m}$$

$$J_s = 0,0293$$

Na tubulação de recalque, o diâmetro comercial utilizado é de 25 mm, para o cálculo compreendeu-se o diâmetro interno de 20 mm. Para a tubulação de sucção, utilizou-se o mesmo método, onde o tubo empregado é de 32 mm e para o cálculo considerou-se como sendo 25 mm o diâmetro interno.

Abaixo segue o dimensionamento para obtenção das perdas de cargas totais nas tubulações de recalque e de sucção, respectivamente.

$$\Delta h_r = J_r \cdot (LR_r + LE_r)$$

$$LR_r = 47,75 \text{ m}$$

$$LE_r = (2 \cdot 2,4) + (11 \cdot 1,2) + (5 \cdot 0,2) + (1 \cdot 0,5) + (1 \cdot 0,9) + (1 \cdot 2,7)$$

$$LE_r = 23,10 \text{ m}$$

$$\Delta h_r = 0,0845 \cdot (47,75 + 23,10) \tag{21}$$

$$\Delta h_r = 5,99 \text{ m}$$

$$\Delta h_s = J_s \cdot (LR_s + LE_s)$$

$$LR_s = 2,00 \text{ m}$$

$$LE_s = (1 \cdot 13,3) + (5 \cdot 1,5) + (2 \cdot 3,8) + (1 \cdot 1,2) + (1 \cdot 3,1)$$

$$LE_s = 32,70 \text{ m}$$

$$\Delta h_s = 0,0293 \cdot (2,00 + 32,70)$$

$$\Delta h_s = 1,01 \text{ m}$$

As perdas de cargas totais para a tubulação de recalque foram de 5,99 m e para a de sucção foi de 1,01 m.

3.10.5 Altura manométrica

Com os valores das perdas de cargas totais para as tubulações e sabendo o valor da altura geométrica, dimensionou-se a altura manométrica do sistema de bombeamento.

$$H_m = H_g + \Delta h_s + \Delta h_r$$

$$H_m = 35,40 + 1,01 + 5,99 \quad (22)$$

$$H_m = 42,40 \text{ m}$$

3.10.6 Potência do conjunto moto-bombas

Afim de encontrar a potência que as moto-bombas necessitam para bombear água para o reservatório superior, utilizou-se a Equação 16. Adotou-se 65% como valor de rendimento global do conjunto moto-bomba.

$$P = \frac{\gamma \cdot Q_r \cdot H_m}{75 \cdot \eta}$$

$$P = \frac{1000 \cdot 0,00033447 \cdot 42,40}{75 \cdot 0,65} \quad (23)$$

$$P = 0,29 \text{ CV}$$

Conforme a NBR 5626 (ABNT, 1998) solicita, incluiu-se um acréscimo de potência para as moto-bombas de 50%, sendo adotado a potência de 0,5 CV.

3.11 Tratamento da água

Por mais que já possua telas nas calhas impedindo a entrada de materiais grosseiros nas tubulações verticais e horizontais, e ainda, o descarte de $0,75\text{m}^3$ de água, referente ao valor dos dois primeiros milímetros de chuva precipitada, faz-se necessário ainda o tratamento da água para poder utiliza-la nos vasos sanitários.

Conforme citado no referencial teórico deste trabalho, é preciso passar por dois tipos de tratamentos, a filtração e a desinfecção. Para a filtração, adotou-se um conjunto de filtros que possui vazão superior aos $1,204\text{ m}^3/\text{h}$ que o sistema de moto-bombas precisa transportar até o reservatório superior. Já para a desinfecção, adotou-se um clorador de passagem com pastilhas de cloro. O sistema de tratamento é instalado logo após as moto-bombas, na rede de recalque (APÊNDICE L).

3.12 Rede de água fria

Após estar com a tubulação de recalque pronta, projetou-se o sistema de barrilete responsável por conduzir a água tratada que está armazenada no reservatório superior para as bacias sanitárias. Conforme Botelho e Ribeiro (2006), empregou-se uma tubulação com diâmetro de 50mm saindo da caixa d'água superior e descendo pelo 10º até o 2º pavimento. Sendo que, do 2º ao 9º pavimento, as ramificações possuem diâmetros de 25 e 32mm, já para o 10º pavimento, a única ramificação possui diâmetro de 25mm.

Todas tubulações que chegam nos vasos sanitários possuem diâmetro de 25mm, conforme pode ser visualizado nos Apêndices N, O, P, Q e R.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Custo de implementação

Com base no dimensionamento do sistema e particularidades arquitetônicas do projeto original da edificação, arquitetou-se o esboço em planta das tubulações com o mínimo de alterações possíveis. Sendo exequível quantificar os materiais necessários para executar um sistema completo de coleta, tratamento e aproveitamento das águas pluviais para uso em bacias sanitárias.

Conforme salientado anteriormente neste trabalho, o sistema, por mais que seja considerado simplista, necessita de muitos materiais para seu funcionamento, contudo, nem todos os materiais foram considerados na orçamentação.

Verificou-se que parte do sistema para aproveitamento das águas das chuvas coincide com elementos fundamentais do prédio, tais elementos que são imprescindíveis mesmo não havendo o sistema em estudo. Esses materiais coincidentes são as calhas e ralos para captação das águas pluviais, parte das tubulações para escoamento dos fluídos pluviais e uma das caixas d'água de 7.000 litros, que no projeto original seria utilizada para água potável.

Para que o valor final do orçamento esteja coerente, considerou-se apenas os elementos que são acréscimos do projeto, assim como os acréscimos com os custos em mão-de-obra para instalação do sistema.

A maioria dos itens foram orçados em uma loja de materiais de construção indicada pela construtora, pois a mesma compra estes materiais no referido local. Os demais foram orçados com empresas especializadas nas vendas dos referidos itens. Conforme o Apêndice U, é possível verificar o orçamento dos materiais e equipamentos com valor final de R\$ 15.906,10.

Para os custos de mão-de-obra, apresentou-se as plantas do presente trabalho para o encanador que presta serviço terceirizado para a construtora detentora do projeto desta futura edificação, o qual especificou que levaria 20 dias para executar as instalações de todo o sistema (apenas partes acrescentadas sobre o projeto original). Considerando então que levariam 4 semanas para terminar o serviço, trabalhando 44 horas semanais, obtendo assim, 176 horas trabalhadas para um encanador e um auxiliar. O preço horário somado dos dois profissionais é de R\$ 30,50 representando um montante de R\$ 5.368,00 para a mão-de-obra. Resultando no valor total de R\$ 21.274,10 para a instalação do sistema de coleta e aproveitamento das águas pluviais.

4.2 Economia de água potável

Para ser possível avaliar os valores gerados de economia que o sistema oferece, comparou-se os valores gastos com a utilização de água potável, considerando 200 litros de água por dia para cada uma das 166 pessoas (ocupação máxima), com o volume coletado de água pluvial.

O volume mensal de água potável, desconsiderando o aproveitamento das águas das chuvas, representa um montante de 996 m³. Segundo a Equação 7 do presente estudo, o volume aproveitável para uma média mensal de 121,4mm de chuva é de 38m³, valor este que representa pouco mais de 15% do volume de água necessário apenas para abastecimento das descartas sanitárias (242m³).

A empresa que vende água potável para a localidade estudada é a Corsan, a qual cobra um valor de R\$ 8,89 para o m³ de água, além de uma tarifa de serviço básico de manutenção de R\$ 86,19. Os valores destas tarifas são cobrados de acordo com a categoria que a edificação em estudo se enquadra.

Com base nessas informações, se não houver sistema de captação pluvial, a conta total do *Eternity* será de aproximadamente R\$ 8.940,63, lembrando que para este valor, está considerado que o edifício tenha 166 pessoas morando em um dado mês, onde cada morador utiliza o 0,2m³ de água diariamente. Com o sistema implantado, essa conta seria menor, a economia mensal chegaria em R\$ 337,82.

4.3 Tempo de retorno do investimento

Com os valores dos orçamentos e sabendo o valor da economia em água potável por mês, estimou-se tempo de retorno do valor que precisa ser investido para colocar em prática o sistema estudado. Conforme o referencial teórico, adotou-se os dois métodos de análise, *payback* simples e *payback* descontado.

$$PB_{\text{simples}} = \frac{21274,10}{(337,82 \cdot 12)} \quad (24)$$

$$PB_{\text{simples}} = 5 \text{ anos e } 3 \text{ meses}$$

Tabela 8 – *Payback* descontado

Ano	Fluxo de Caixa Final	Fluxo de Caixa Desc.	Fluxo de Caixa Desc. Acumulado
0	-R\$ 21.274,10	-R\$ 21.274,10	-R\$ 21.274,10
1	R\$ 4.053,84	R\$ 3.824,38	-R\$ 17.449,72
2	R\$ 4.053,84	R\$ 3.607,90	-R\$ 13.841,82
3	R\$ 4.053,84	R\$ 3.403,68	-R\$ 10.438,14
4	R\$ 4.053,84	R\$ 3.211,02	-R\$ 7.227,12
5	R\$ 4.053,84	R\$ 3.029,26	-R\$ 4.197,86
6	R\$ 4.053,84	R\$ 2.857,80	-R\$ 1.340,06
7	R\$ 4.053,84	R\$ 2.696,03	R\$ 1.355,97

Fonte: Do autor (2017).

Para uma edificação deste porte, onde a mesma é projetada para durar pelo menos 50 anos, o tempo de 6 anos e 6 meses para o valor retornar, considerando o valor do dinheiro no tempo a uma taxa de 0,5% ao mês, é relativamente curto, demonstrando ainda mais a importância de aproveitar as águas das chuvas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar esta pesquisa, e após consultar diversos materiais, como artigos, livros e normas, é possível perceber que no Brasil, assuntos relacionados aos meios sustentáveis, especificamente quanto a conservação das águas, ganham força, mesmo que a passos curtos. É notório que o governo brasileiro deva assumir uma posição mais favorável e dispor de incentivos, com intuito de tornar acessível, para parte da população, a instalação de sistemas para melhorar e/ou diminuir o consumo de água potável em suas residências. As grandes fábricas e grandes empresas, costumam exercer um sistema de controle e tratamento de seus esgotos, por conta de leis ambientais, mas são poucas as que reutilizam elas.

Com o tempo, para pequenos centros urbanos, devem surgir leis parecidas com as quais grandes metrópoles estão sujeitadas. Tais leis por exemplo, especificam que para edificações com área superior a 500m², sejam necessários possuir reservatórios para conter a água pluvial que nelas caiam, diminuindo os riscos de alagamentos ocasionados pela liberação de todo volume precipitado diretamente nas redes de esgotos públicos. Com a obrigatoriedade das bacias de contenção, o sistema de coleta, tratamento e reutilização das águas das chuvas se torna ainda mais atrativo e difundido.

Quanto ao valor de um imóvel que possua características classificadas como “sustentáveis”, o mesmo goza de seu valor no mercado imobiliário elevado, comparado com outro similar, porém sem esta classificação, além de chamar a atenção das pessoas, se tornando referência na divulgação do referido empreendimento, ainda mais para o público alvo deste tipo de projeto.

Conclui-se que o presente estudo apresentou um baixo tempo de retorno, para o valor que seria necessário investir para a instalação do sistema, visto que edificações como esta, são projetadas para durar no mínimo 50 anos.

Após analisar os volumes de demanda e de consumo, a disparidade é muito grande, visto que aproximadamente todo volume de água coletada no mês, representa apenas 15% do volume total necessário para o uso das descargas no edifício residencial. Tornando interessante um estudo complementar, o tratamento e a reutilização das águas cinzas, pois os dois sistemas usariam parte das mesmas tubulações.

REFERÊNCIAS

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

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

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

ACQUANOVA. **Cloradores e dosadoras automáticos de água**. 2013. Disponível em: <<http://www.acquanova.com.br/produtos/cloradores-automaticos-de-agua/>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

AQUALINE PISCINAS. **Clorador flutuante pequeno náutilus**. 2015. Disponível em: <<https://www.aqualinepiscinas.com.br/produto/clorador-flutuante-pequeno-nautilus>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível em: <http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acesso em: 11 out. 2017.

BOTELHO, Manoel H. C.; RIBEIRO, Geraldo de Andrade. **Instalações Hidráulicas Prediais**: Usando tubos de PVC e PPR. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

BRUNI, Adriano L.; FAMÁ, Rubens; SIQUEIRA, José O. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de monte carlo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 6, 1998. Disponível em: <<http://bertolo.pro.br/MetodosQuantitativos/Simulacao/c6-Art7.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2017

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia**: Para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: CD.G, 2013.

FERREIRA, Antônia D. D. **Habitação autossuficiente**: Interligação e integração de sistemas alternativos. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

FERREIRA, Wladimir J. Aula sobre Ciclo Hidrológico, Chuva e Nuvem. **Blogspot**, 2012. Disponível em: <<http://profwladimir.blogspot.com.br/2012/02/texto-sobre-agua-ciclo-hidrologico.html>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

GARCEZ, L. N., ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. rev. atual. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. Introdução. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GRAVINA, J. B. **Engenharia Econômica**. Lajeado: UNIVATES, 2017.

INSMART. Pluviômetro em copo plástico Kiltler. 2010. Disponível em: <<http://www.insmart.com.br/produto/laboratorio/pluviometros-medidor-de-precipitacao/570-pluviometro-em-copo-plastico-kiltler>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

INVERSO. **Estúdio de computação gráfica**. 2017. Disponível em: <<http://www.inverso.cc/#jachetti-eternity>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

KRUTZMANN, U. E. **Captação da água das chuvas com a reutilização em bacias sanitárias**. 2015. 89 f. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado - RS.

LAJEADO. Lei nº 5848, 20 de dezembro de 1996. Institui o Código de Edificações de Lajeado e dá outras providências.

LARCHER, Marcello; ARAÚJO, Newton. Comissão de Minas e Energia aprovou reaproveitamento de água obrigatório em edificações. **Rural Pecuário**, 2011. Disponível em: <<http://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/ambiental/comissao-de-minas-e-energia-aprovou-reaproveitamento-de-agua-obrigatorio-em-edificacoes.html>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

LEROY MERLIN. **Filtro para piscina 12 FIT jacuzzi**. 2017. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/filtro-para-piscina-12-fit-jacuzzi_88443124>. Acesso em: 20 ago. 2017.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/publico/SIMONE_MAYOK.pdf>. Acesso em: 8 mai. 2017.

_____. **Estudo do aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável em edificações**. 2004. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>>. Acesso em: 6 mai. 2017.

NOVA CALHA. **Produtos e serviços**. 2017. Disponível em: <<https://www.novacalha.com.br/index.html>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

PERSONAL GREEN. **Aproveitamento da água da chuva**. 2012. Disponível em: <http://personalgreen.com.br/produtos_servicos.asp?p=6>. Acesso em: 20 ago. 2017.

PINTO, N.L.S. et al. **Hidrologia básica**. São Paulo: Blucher, 1976.

PORTO ALEGRE. Departamento Municipal de Água e Esgotos. **Decreto n. 9369**, de 29 de dezembro de 1988. Regulamenta a Lei Complementar n. 170, de 31/12/87, alterada pela Lei Complementar n. 180, de 18/08/88 que estabelece normas para instalações hidrossanitárias e serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário prestados pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/cip9369-decreto.pdf>. Acesso em: 8 mai. 2017.

RUOSO JUNIOR, Hilton; KEMERICH, Pedro D. da C.; RIGHER, Afrânio A. Filtro de areia para água da chuva com filtro reverso. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 083-098, 2010. Disponível em: <<http://www.engwhere.com.br/empreiteiros/filtro-de-areia-para-agua-da-chuva-com-fluxo-reverso.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2017.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, 2002.

SAUTCHUK, Carla et al. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo: Prol, 2005. Disponível em: <<http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2014/08/conservacao-e-reuso-de-aguas-2005.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

SECOB BOMBAS. **Instalação de bomba de recalque**. 2011. Disponível em: <<http://www.secobbombas.com.br/instalacao-bomba-recalque>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

SELLA, M. B. **Reúso de águas cinzas**: Avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências. 2011. 87f. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS.

TECNO TANQUES. **Capacidades y precios de cisternas horizontales**. 2016. Disponível em: <<https://tecnotanques.com/cisternas-para-agua-precios/#productos>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

TIGRE. **Caixas d'água**. 2017. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/reservatorios-agua/caixas-dagua>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2009. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf>. Acesso em: 29 out. 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.

VIEIRA, A.M.; MENDONÇA, L.C. Aproveitamento da água de chuva, estudo de caso no município de Aracaju-SE: Percepção dos moradores, viabilidade e dimensionamento de reservatórios. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 19, 27 nov. a 01 dez. 2011. **Anais...** Maceió: Acqua Consultoria, 2011. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?BUSCA=AUTORES&iPUB=3&Q=Andr%C3%A9a%20Vieira>>. Acesso em: 21 out. 2017.

APÊNDICE A - Máximas chuvas diárias anuais de Lajeado

Ano	Máxima Chuva Diária (mm)
1940	100
1941	123
1942	157,3
1943	116,8
1944	93
1945	65,3
1946	75,4
1947	81,1
1948	60,2
1949	82,2
1950	51,2
1951	108,2
1952	78,2
1953	106,3
1954	100,5
1955	106,4
1956	100,6
1957	86,1
1958	82,2
1959	89,1
1960	66,3
1961	48,2
1962	60,1
1963	66,2
1964	53
1965	238,6
1966	75
1967	93
1968	53,2
1969	81,4
1970	59
1971	98
1972	88
1973	67,6
1974	81
1975	68,8
1976	74
1977	82,2
1978	75
1979	88,1

APÊNDICE B - Valores obtidos para determinação do Tempo de Retorno

Média	86,995
Variância	1082,946
Teta	25,65838
Beta	72,18498

APÊNDICE C - Chuva diária associada a um Tempo de Retorno para Lajeado

TR (anos)	Chuva (mm)
2	81,59
3	95,35
5	110,67
10	129,93
15	140,79
20	148,40
25	154,25
30	159,02
50	172,30
100	190,22
1000	249,41
10000	308,51
100000	367,59

APÊNDICE D - Tabela PDF para Lajeado

TR (anos)	Duração (min)										
	5	10	15	30	60	120	240	360	720	1080	1440
	Tabela PDF - Precipitação em mm										
2	14,30	22,87	28,75	39,32	49,58	59,11	68,16	73,39	82,53	88,10	92,20
3	16,71	26,73	33,60	45,95	57,94	69,08	79,65	85,77	96,45	102,96	107,74
5	19,40	31,03	38,99	53,34	67,25	80,18	92,45	99,55	111,95	119,51	125,06
10	22,77	36,42	45,78	62,62	78,95	94,13	108,53	116,87	131,42	140,30	146,82
15	24,68	39,47	49,61	67,86	85,55	102,00	117,61	126,64	142,41	152,03	159,09
20	26,01	41,60	52,29	71,52	90,18	107,52	123,96	133,48	150,11	160,24	167,69
25	27,04	43,24	54,35	74,34	93,74	111,76	128,86	138,75	156,03	166,57	174,31
30	27,87	44,58	56,03	76,64	96,63	115,21	132,84	143,04	160,85	171,71	179,69
50	30,20	48,30	60,71	83,04	104,70	124,84	143,93	154,99	174,29	186,06	194,70
100	33,34	53,32	67,02	91,68	115,59	137,82	158,90	171,10	192,41	205,40	214,95
1000	43,72	69,92	87,88	120,21	151,56	180,71	208,35	224,35	252,29	269,32	281,84
10000	54,08	86,49	108,70	148,69	187,47	223,52	257,71	277,51	312,06	333,13	348,61
100000	64,43	103,05	129,52	177,16	223,37	266,33	307,07	330,65	371,83	396,93	415,37

APÊNDICE E - Valores de Durações de Porto Alegre para ajuste estatístico

Relações entre Durações - Porto Alegre	
5min/10min	0,6252679
10min/15min	0,7956306
15min/30min	0,7310632
30min/1h	0,7931332
1h/2h	0,8387196
2h/4h	0,8673235
4h/6h	0,9286671
6h/12h	0,8892605
12h/18h	0,9367570
18h/24h	0,9555988
24h/1d	1,1300000

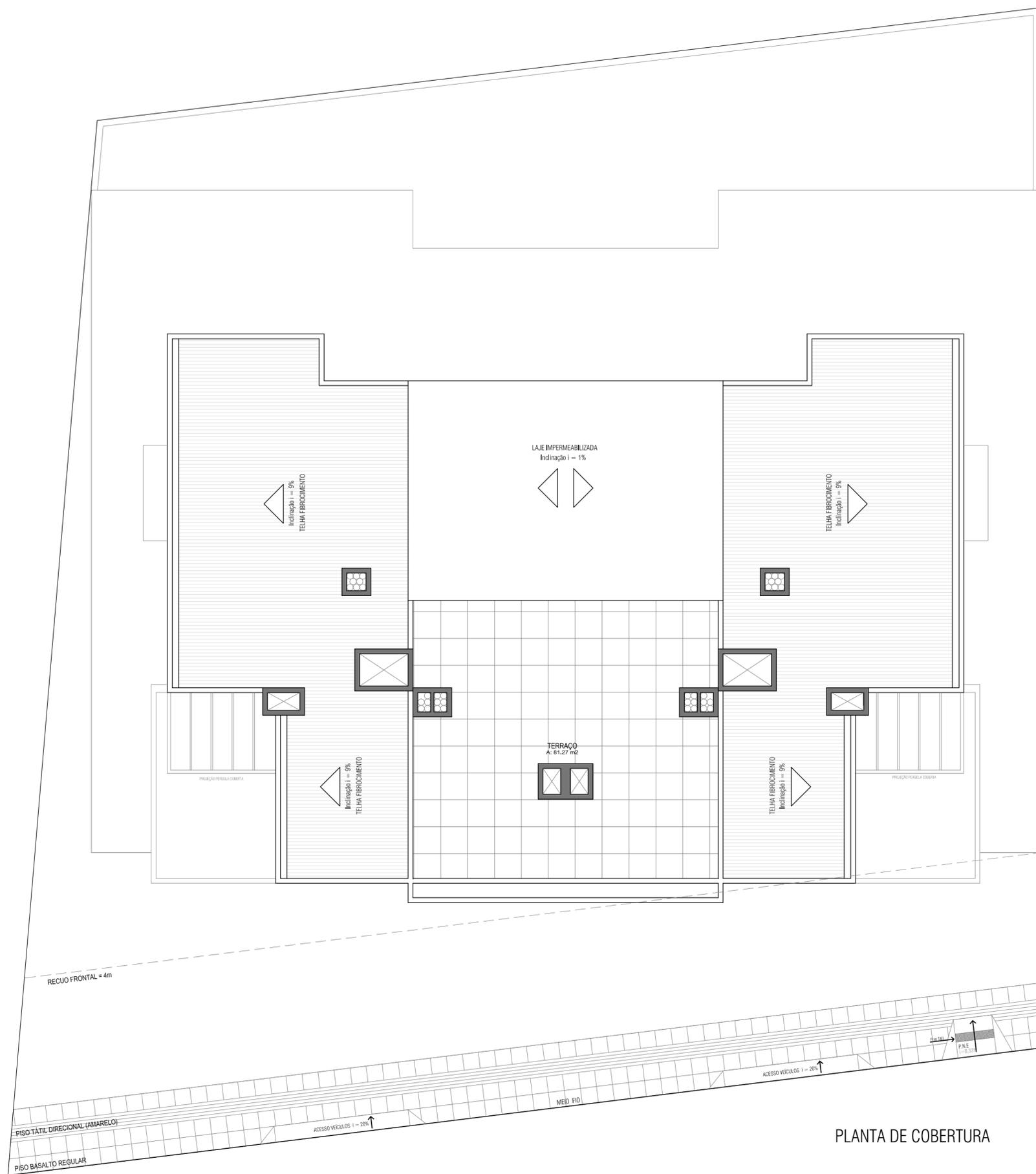
**APÊNDICE F - Tabela IDF com ajuste estatístico e intensidades pluviométricas
estimadas**

TR (anos)	Duração (min)										
	5	10	15	30	60	120	240	360	720	1080	1440
	Tabela IDF - Intensidade em mm/h										
2	171,62	137,23	114,99	78,65	49,58	29,56	17,04	12,23	6,88	4,89	3,84
3	200,56	160,38	134,38	91,91	57,94	34,54	19,91	14,29	8,04	5,72	4,49
5	232,79	186,15	155,98	106,68	67,25	40,09	23,11	16,59	9,33	6,64	5,21
10	273,29	218,54	183,12	125,24	78,95	47,07	27,13	19,48	10,95	7,79	6,12
15	296,14	236,81	198,43	135,71	85,55	51,00	29,40	21,11	11,87	8,45	6,63
20	312,14	249,60	209,15	143,04	90,18	53,76	30,99	22,25	12,51	8,90	6,99
25	324,46	259,46	217,40	148,69	93,74	55,88	32,21	23,13	13,00	9,25	7,26
30	334,49	267,48	224,12	153,28	96,63	57,61	33,21	23,84	13,40	9,54	7,49
50	362,43	289,82	242,84	166,09	104,70	62,42	35,98	25,83	14,52	10,34	8,11
100	400,11	319,95	268,09	183,36	115,59	68,91	39,72	28,52	16,03	11,41	8,96
1000	524,62	419,52	351,52	240,42	151,56	90,35	52,09	37,39	21,02	14,96	11,74
10000	648,92	518,91	434,80	297,38	187,47	111,76	64,43	46,25	26,01	18,51	14,53
100000	773,19	618,29	518,07	354,33	223,37	133,16	76,77	55,11	30,99	22,05	17,31

APÊNDICE G - Planta de Cobertura

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA DE COBERTURA



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS

Fone: (51) 3714-7000

Escala

1:100

Data

07/10/2017

APÊNDICE G

Orientador

Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador

Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador

Prof. Ms. João Batista Gravina

Felipe Dalmoro

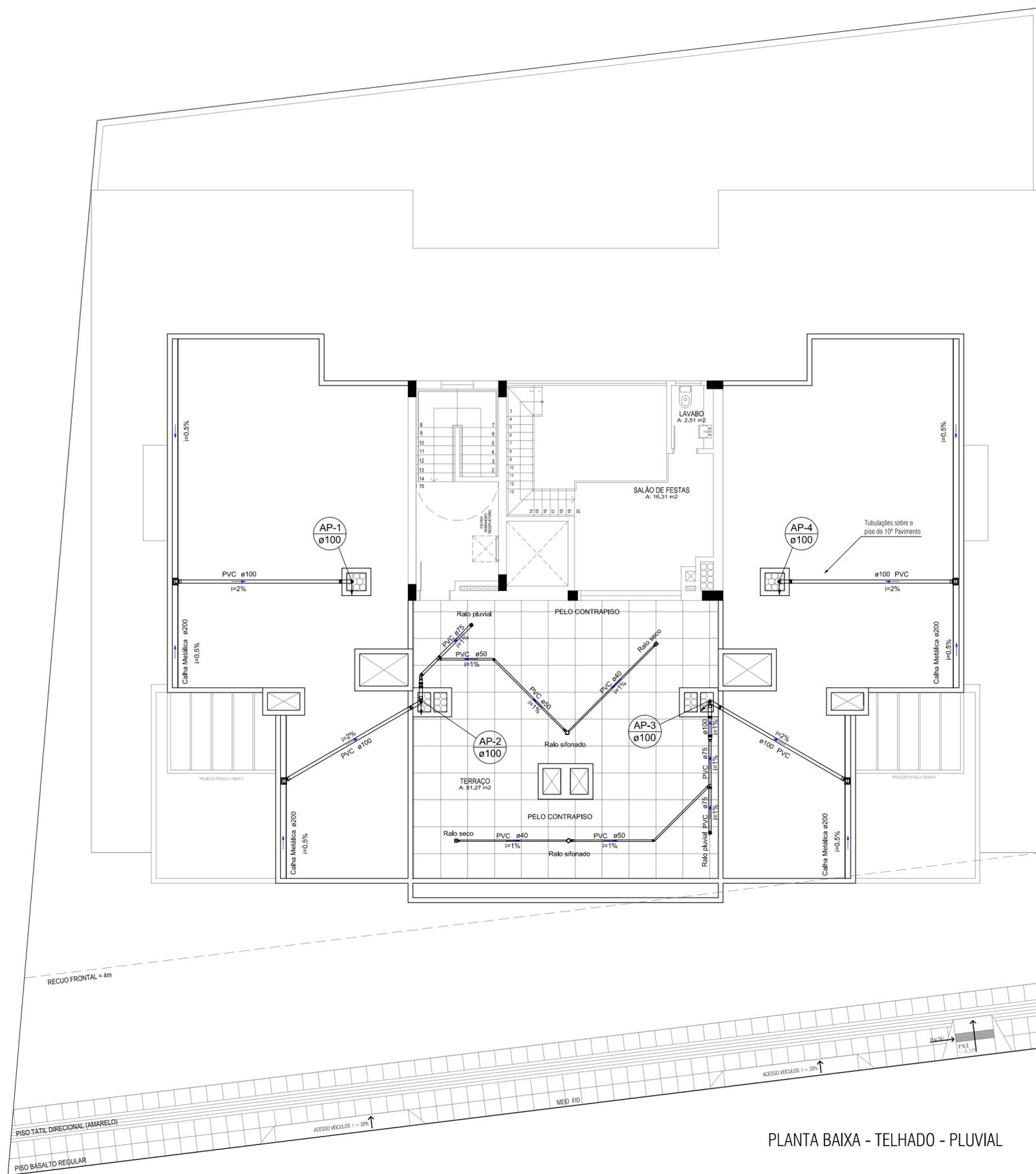
Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE H - Planta de Calhas

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA BAIXA - TELHADO - PLUVIAL



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES
 Avenida Avelino Talini N° 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS
 Fone: (51) 3714-7000

Escala: 1:100
 Data: 07/10/2017

APÊNDICE H

Orientador
 Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador
 Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador
 Prof. Ms. João Batista Gravina

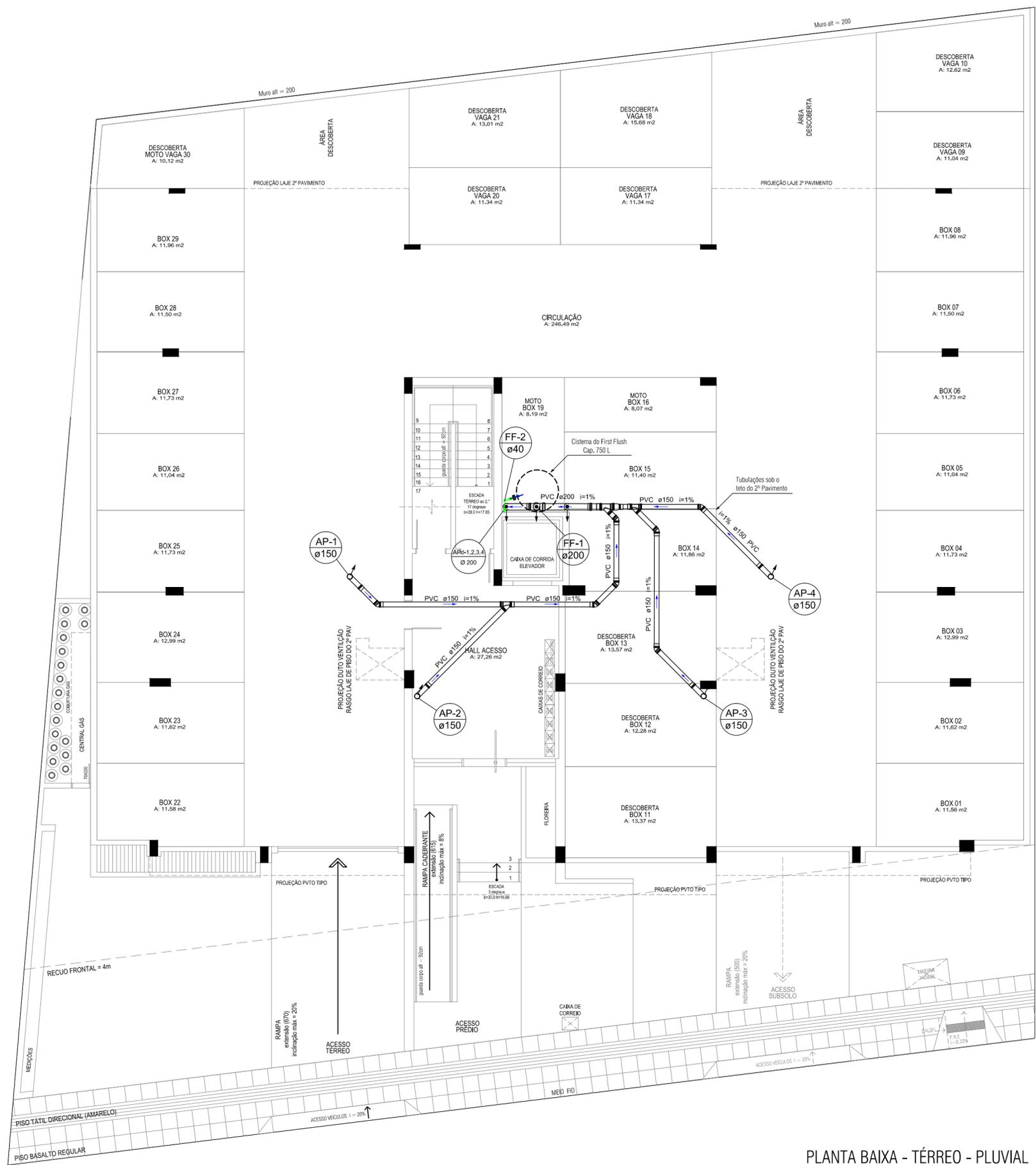
Felipe Dalmoro
 Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE I - Planta Térreo Pluvial

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA BAIXA - TÉRREO - PLUVIAL



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS

Fone: (51) 3714-7000

Escala

1:100

Data

07/10/2017

APÊNDICE I

Orientador

Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador

Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador

Prof. Ms. João Batista Gravina

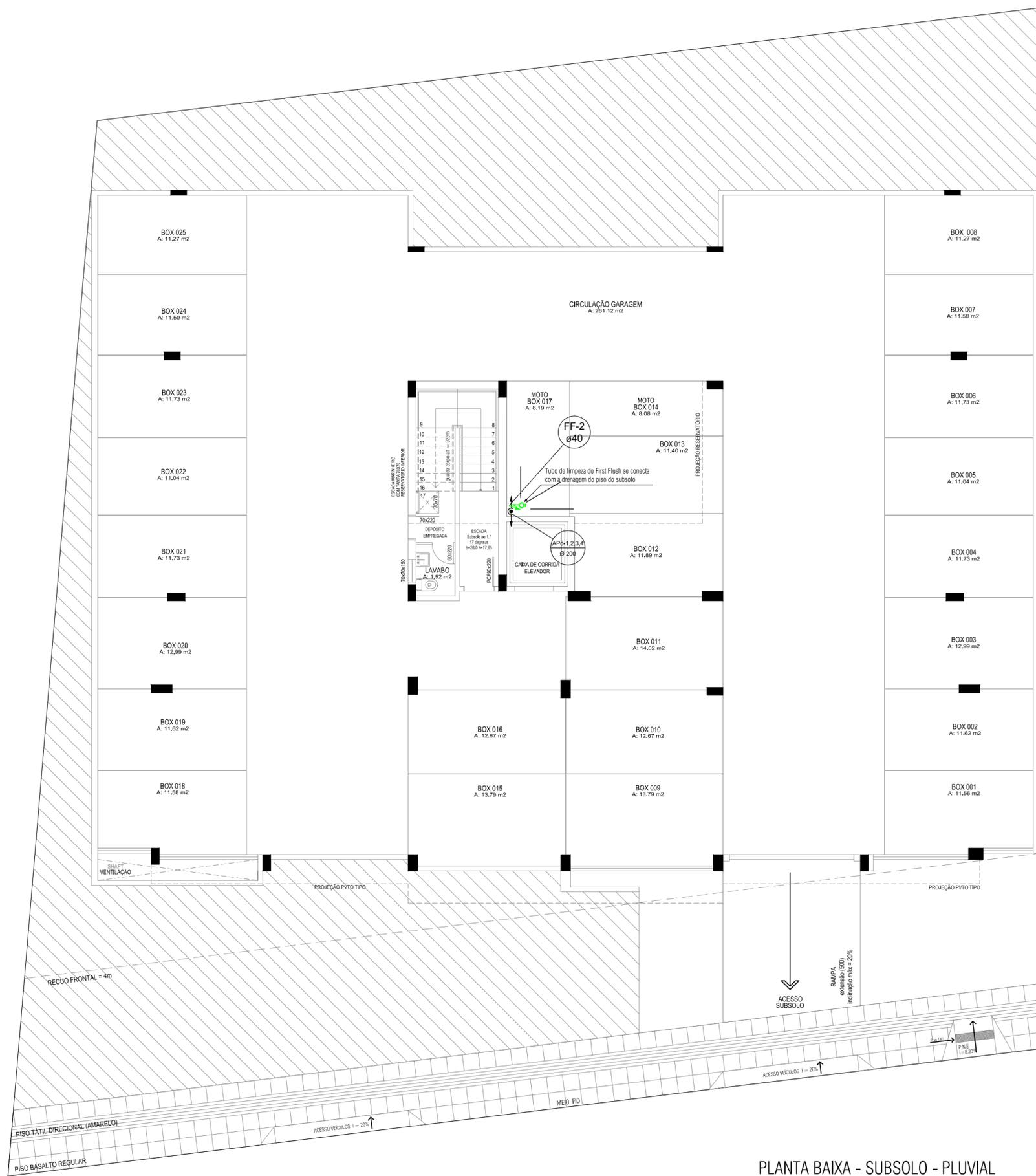
Felipe Dalmoro
Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE J - Planta Subsolo Pluvial (Saída do *First Flush*)

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA BAIXA - SUBSOLO - PLUVIAL



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS

Fone: (51) 3714-7000

Escala
1:100

Data
07/10/2017

APÊNDICE J

Orientador
Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador
Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador
Prof. Ms. João Batista Gravina

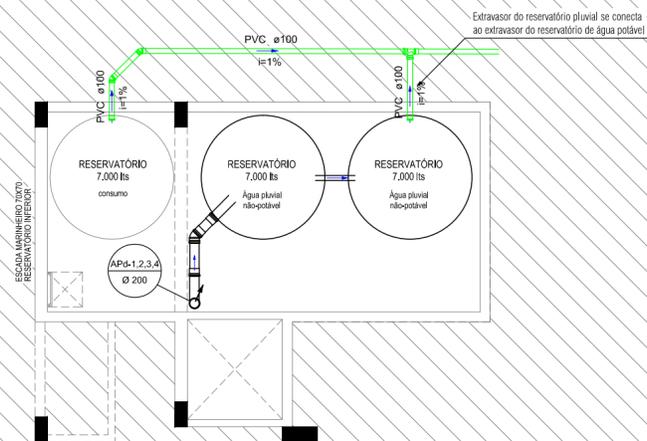
Felipe Dalmoro
Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE K - Planta Reservatório Subsolo Pluvial

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA BAIXA - RESERVATÓRIO - SUBSOLO - PLUVIAL



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS

Fone: (51) 3714-7000

Escala
1:100

Data
07/10/2017

APÊNDICE K

Orientador
Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador
Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador
Prof. Ms. João Batista Gravina

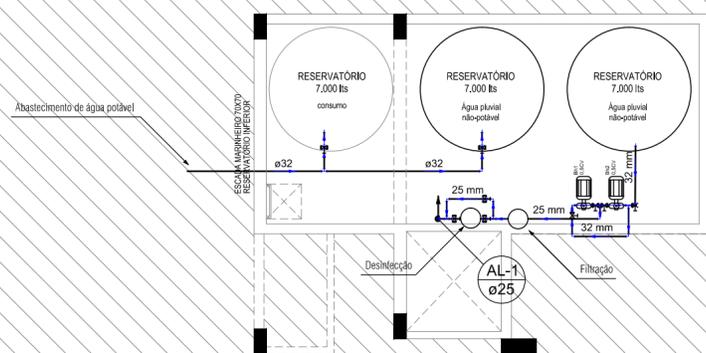
Felipe Dalmoro
Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE L - Planta Reservatório Subsolo Hidráulico

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA BAIXA - RESERVATÓRIO - SUBSOLO - HIDRÁULICO



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS

Fone: (51) 3714-7000

Escala
1:100

Data
07/10/2017

APÊNDICE L

Orientador
Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador
Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador
Prof. Ms. João Batista Gravina

Felipe Dalmoro
Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE M - Planta Térreo Hidráulico

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA BAIXA - PAV. TÉRREO - HIDRÁULICO



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES
 Avenida Avelino Talini N° 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS
 Fone: (51) 3714-7000

Escala: 1:100
 Data: 07/10/2017

APÊNDICE M

Orientador
 Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador
 Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador
 Prof. Ms. João Batista Gravina

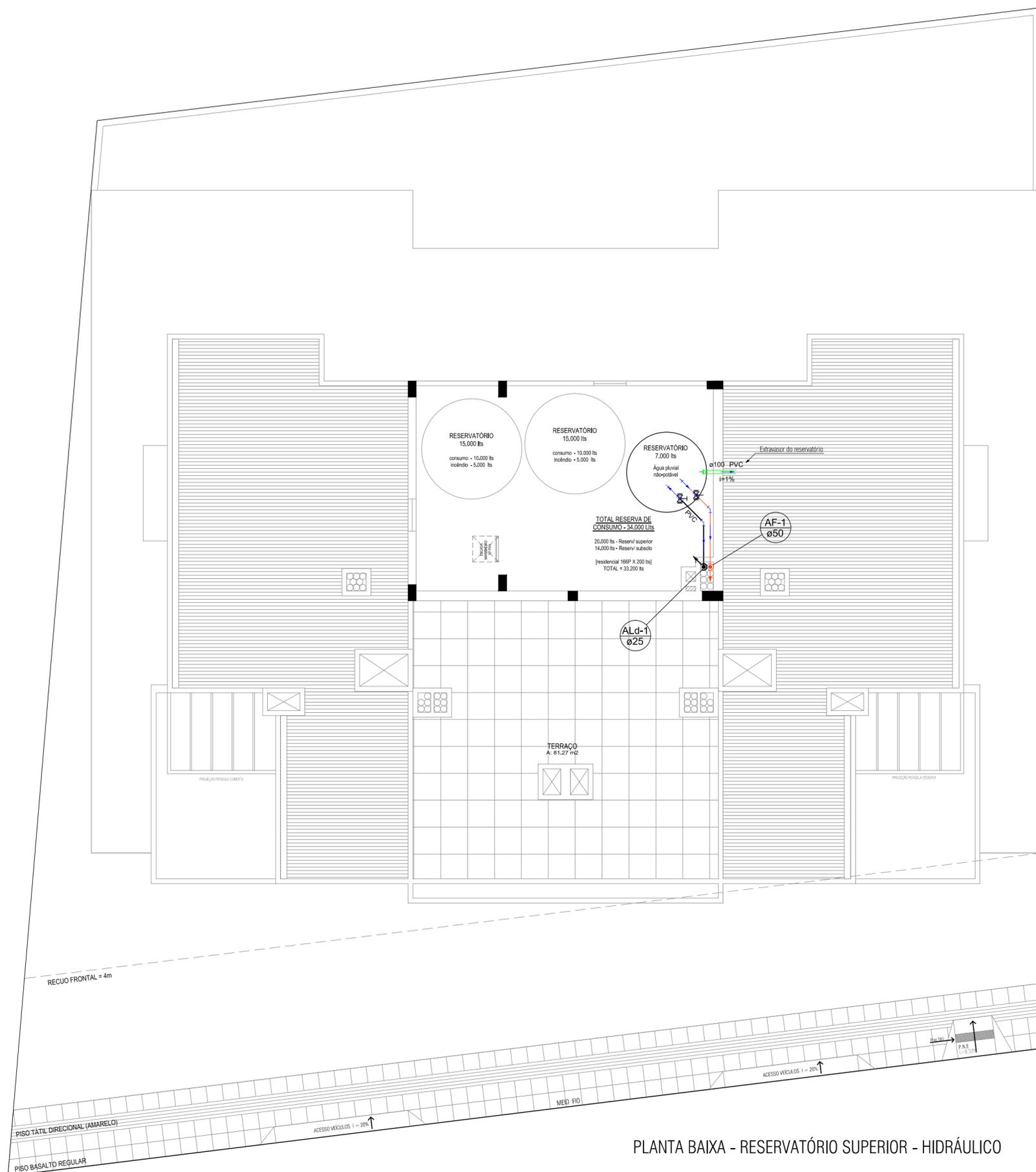
Felipe Dalmoro
 Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE N - Planta Reservatório Superior Hidráulico

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA BAIXA - RESERVATÓRIO SUPERIOR - HIDRÁULICO



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS

Fone: (51) 3714-7000

Escala
1:100

Data
07/10/2017

APÊNDICE N

Orientador
Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador
Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador
Prof. Ms. João Batista Gravina

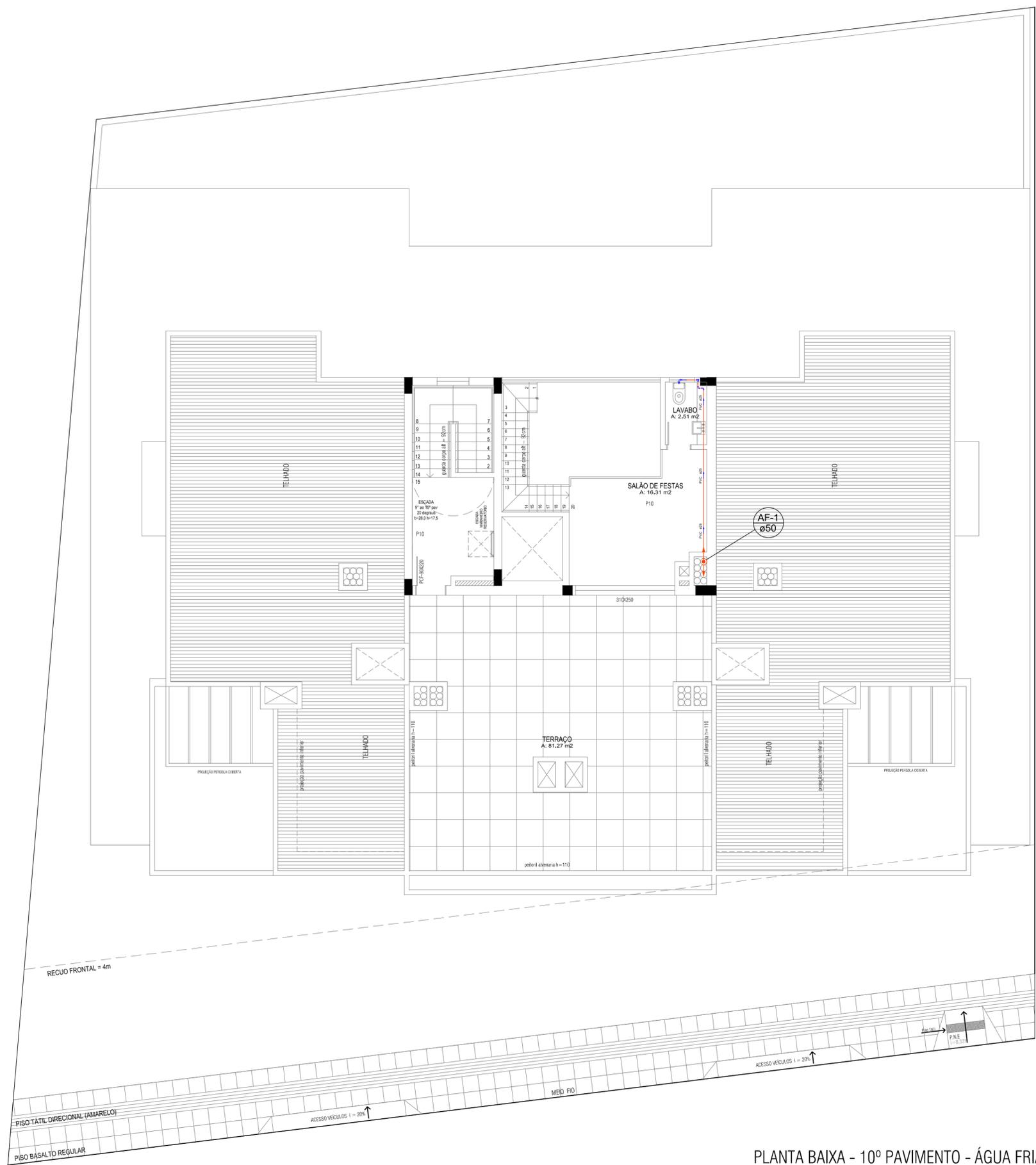
Felipe Dalmoro
Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE O - Água Fria 10º Pavimento

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA BAIXA - 10º PAVIMENTO - ÁGUA FRIA



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES
 Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS
 Fone: (51) 3714-7000

Escala
1:100

Data
07/10/2017

APÊNDICE O

Orientador
Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador
Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador
Prof. Ms. João Batista Gravina

Felipe Dalmoro
Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE P - Água Fria 9º Pavimento

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA BAIXA - 9º PAVIMENTO - ÁGUA FRIA



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS

Fone: (51) 3714-7000

Escala
1:100

Data
07/10/2017

APÊNDICE P

Orientador
Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador
Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador
Prof. Ms. João Batista Gravina

Felipe Dalmoro
Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE Q - Água Fria 3º ao 8º Pavimento

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



PLANTA BAIXA - 3º AO 8º PAVIMENTO - ÁGUA FRIA



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS

Fone: (51) 3714-7000

Escala

1:100

Data

07/10/2017

APÊNDICE Q

Orientador

Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador

Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador

Prof. Ms. João Batista Gravina

Felipe Dalmoro

Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE R - Água Fria 2º Pavimento

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES

Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS

Fone: (51) 3714-7000

Escala

1:100

Data

07/10/2017

APÊNDICE R

Orientador

Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador

Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador

Prof. Ms. João Batista Gravina

Felipe Dalmoro

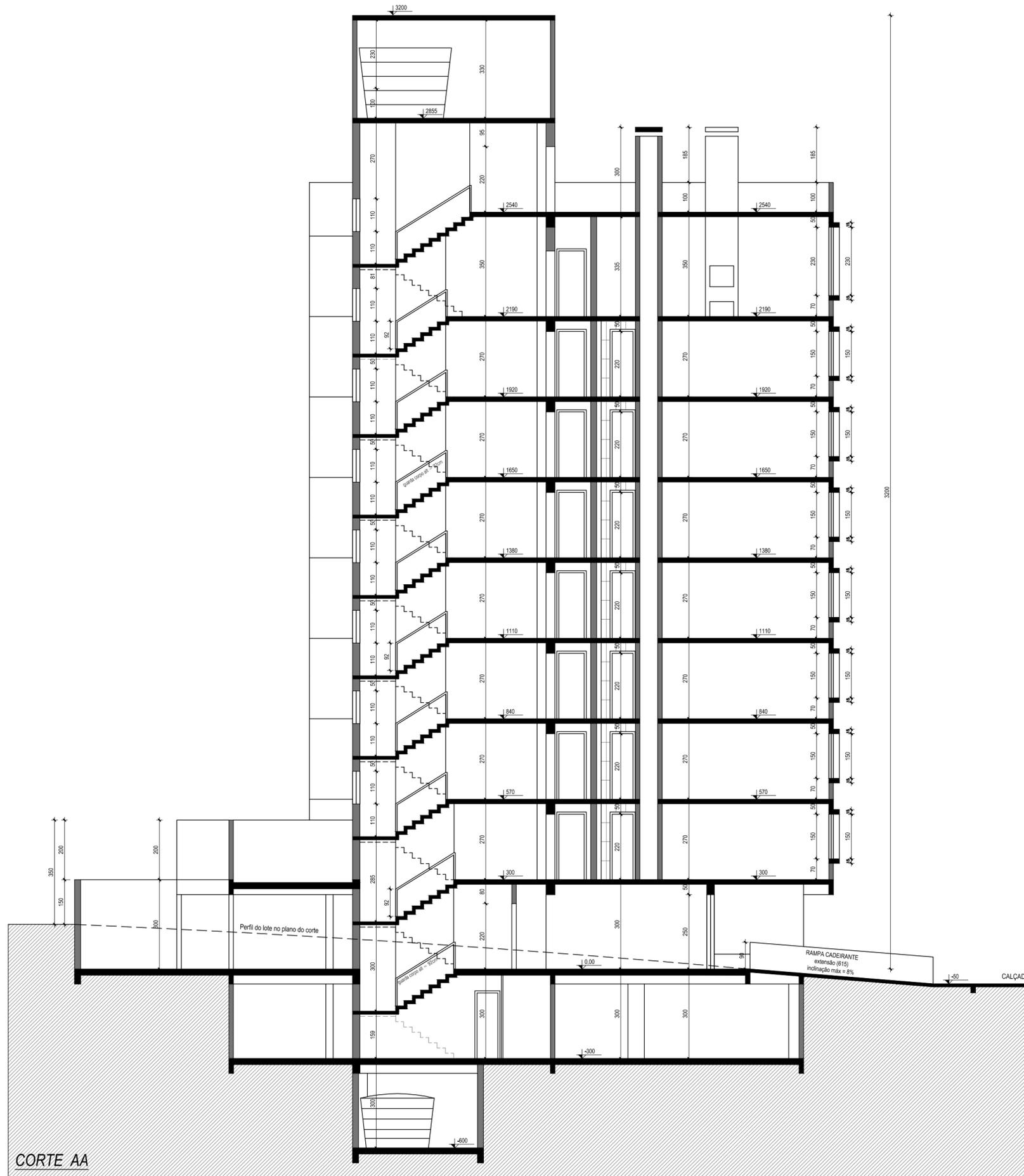
Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE S - Corte AA

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES
 Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS
 Fone: (51) 3714-7000

Escala: 1:100
 Data: 07/10/2017

APÊNDICE S

Orientador
 Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador
 Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador
 Prof. Ms. João Batista Gravina

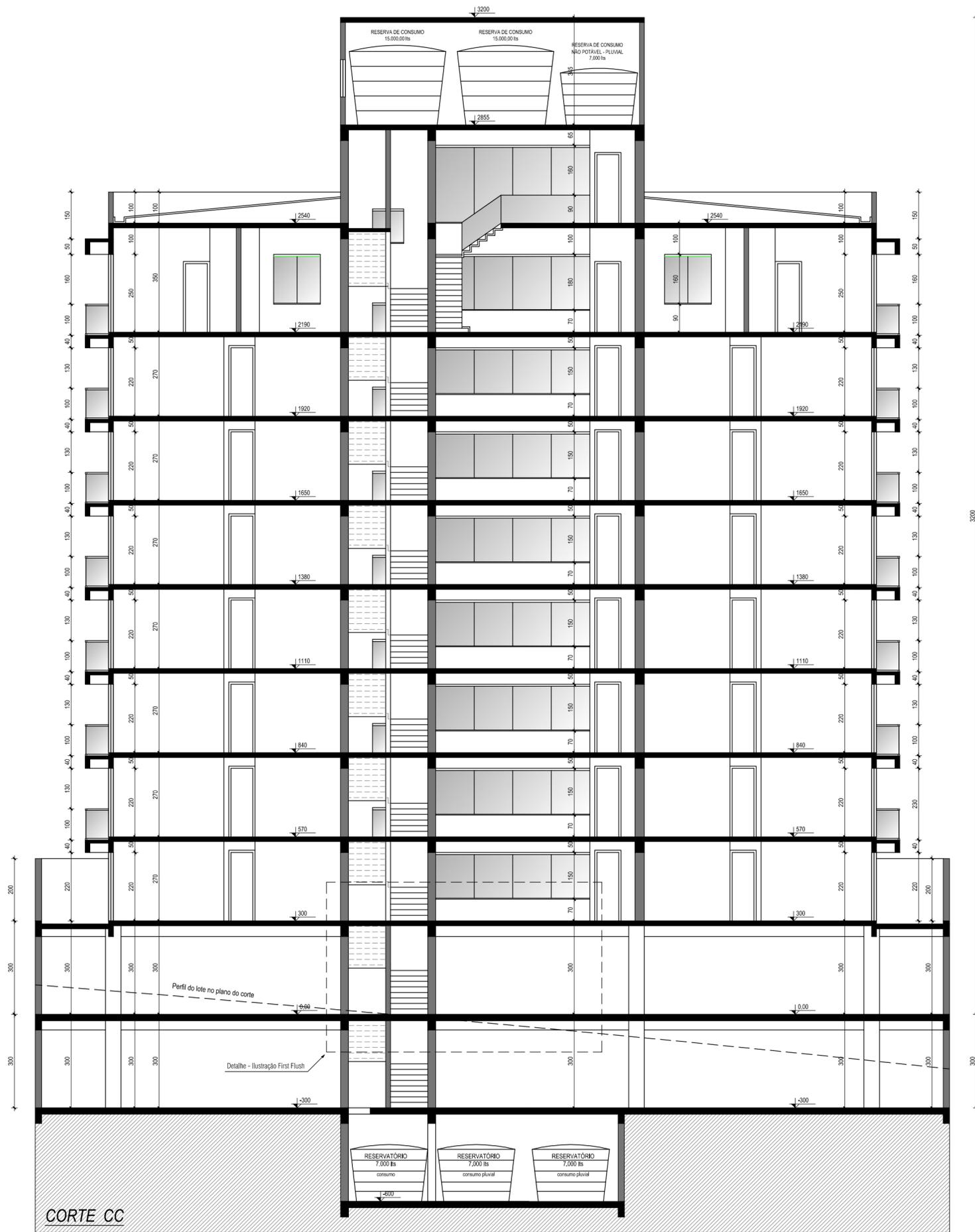
Felipe Dalmoro
 Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE T - Corte BB

LEGENDAS

-  Registro bruto gaveta ABNT c/PVC soldável
-  Registro esfera VS compacto soldável
-  Moto-bomba
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL / EXTRAVASADOR - PVC
-  TUB. ÁGUA PLUVIAL - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / RECALQUE - PVC
-  TUB. ALIMENTAÇÃO / ÁGUA FRIA - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE RECALQUE - PVC
-  COLUNA DE ÁGUA FRIA - PVC
-  TUBO DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE LIMPEZA DO FIRST FLUSH
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  TUBO DE QUEDA PLUVIAL - PVC
-  JUNÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA PLUVIAL - PVC



Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES
 Avenida Avelino Talini Nº 171 - Bairro Universitário - LAJEADO - RS
 Fone: (51) 3714-7000

Escala: 1:100
 Data: 07/10/2017

APÊNDICE T

Orientador
 Prof. Ms. Marcelo Freitas Ferreira

Avaliador
 Prof. Ms. Ivandro Carlos Rosa

Avaliador
 Prof. Ms. João Batista Gravina

Felipe Dalmoro
 Aluno

Eng. Civil 2017 / B

APÊNDICE U - Orçamento

Tubulações e conexões					
Material	Uso	Unidade	Quant.	Valor Unit.	Valor Total
Tubo soldável 25 mm	Recalque	m	60	R\$2,49	R\$149,40
Tubo soldável 25 mm	Água fria	m	510	R\$2,49	R\$1.269,90
Tubo soldável 32 mm	Sucção	m	4,5	R\$5,90	R\$26,55
Tubo soldável 32 mm	Água fria	m	144	R\$5,90	R\$849,60
Tubo soldável 40 mm	First flush	m	5	R\$9,15	R\$45,75
Tubo soldável 50 mm	Água fria	m	30	R\$1,60	R\$48,00
Joelho soldável 45° x 25 mm	Recalque	unid.	1	R\$1,11	R\$1,11
Joelho soldável 45° x 50 mm	Água fria	unid.	1	R\$5,40	R\$5,40
Joelho soldável 90° x 25 mm	Recalque	unid.	11	R\$0,49	R\$5,39
Joelho soldável 90° x 25 mm	Água fria	unid.	167	R\$1,57	R\$262,19
Joelho soldável 90° x 32 mm	Sucção	unid.	5	R\$1,57	R\$7,85
Joelho soldável 90° x 32 mm	Água fria	unid.	18	R\$3,65	R\$65,70
Joelho soldável 90° x 50 mm	Água fria	unid.	3	R\$4,75	R\$14,25
Joelho soldável 90° x 40 mm	First flush	unid.	2	R\$3,98	R\$7,96
Tee soldável 25 mm	Recalque	unid.	3	R\$0,79	R\$2,37
Tee soldável 25 mm	Água fria	unid.	33	R\$0,79	R\$26,07
Tee soldável 32 mm	Sucção	unid.	1	R\$2,50	R\$2,50
Tee redução soldável 32 x 25 mm	Água fria	unid.	23	R\$4,30	R\$98,90
Tee redução soldável 50 x 25 mm	Água fria	unid.	9	R\$6,25	R\$56,25
Tee redução soldável 50 x 32 mm	Água fria	unid.	7	R\$9,50	R\$66,50
Luva soldável 25 mm	Recalque	unid.	7	R\$0,58	R\$4,06
Luva soldável 25 mm	Água fria	unid.	23	R\$0,58	R\$13,34
Luva soldável 32 mm	Água fria	unid.	16	R\$1,29	R\$20,64
Adaptador soldável com anel 25 mm	Recalque	unid.	1	R\$9,44	R\$9,44
Adaptador soldável com anel 32 mm	Sucção	unid.	1	R\$12,75	R\$12,75
Adaptador soldável com anel 50 mm	Água fria	unid.	1	R\$22,50	R\$22,50
Adaptador soldável com registro 40 mm	First flush	unid.	1	R\$21,30	R\$21,30
Válvula de retenção soldável 25 mm	Recalque	unid.	1	R\$33,83	R\$33,83
Válvula de pé soldável 32 mm	Sucção	unid.	1	R\$37,68	R\$37,68
Registro gaveta 25 mm	Recalque	unid.	3	R\$26,56	R\$79,68
Registro gaveta 32 mm	Sucção	unid.	2	R\$40,66	R\$81,32
Registro gaveta 50 mm	Água fria	unid.	1	R\$74,82	R\$74,82
Registro esfera soldável 25 mm	Recalque	unid.	3	R\$16,90	R\$50,70
Redução soldável 32 x 25 mm	Água fria	unid.	8	R\$0,64	R\$5,12
Redução soldável 50 x 32 mm	Água fria	unid.	1	R\$4,10	R\$4,10
Tubo esgoto 100 mm	Extravasador	m	6	R\$8,59	R\$51,54
Tubo esgoto 150 mm	Pluvial	m	30	R\$22,25	R\$667,50
Tubo esgoto 200 mm	Pluvial	m	12	R\$45,10	R\$541,20
Joelho esgoto 45° x 150 mm	Pluvial	unid.	7	R\$36,30	R\$254,10
Joelho esgoto 45° x 200 mm	Pluvial	unid.	1	R\$80,64	R\$80,64
Joelho esgoto longo 90° x 200 mm	Pluvial	unid.	4	R\$162,70	R\$650,80
Tee esgoto 100 mm	Extravasador	unid.	1	R\$9,90	R\$9,90
Tee esgoto 200 mm	Pluvial	unid.	1	R\$189,80	R\$189,80
Luva esgoto 150 mm	Pluvial	unid.	7	R\$23,10	R\$161,70
Luva esgoto 200 mm	Pluvial	unid.	4	R\$42,97	R\$171,88
Junção esgoto 150 mm	Pluvial	unid.	2	R\$87,98	R\$175,96
Junção esgoto redução 200 x 150 mm	Pluvial	unid.	1	R\$149,72	R\$149,72
Redução esgoto 200 x 150 mm	Pluvial	unid.	1	R\$74,44	R\$74,44
Valor Total em Tubulações e Conexões					R\$6.662,10

Continua...

(Continuação)

Equipamentos					
Material	Uso	Unidade	Quant.	Valor Unit.	Valor Total
Caixa d'água 7.000 lts	Reservatório	unid.	2	R\$2.126,00	R\$4.252,00
Cisterna 750 lts	First flush	unid.	1	R\$1.013,00	R\$1.013,00
Clorador de passagem por pastilha	Tratamento	unid.	1	R\$280,00	R\$280,00
Filtro automático	Tratamento	unid.	1	R\$1.400,00	R\$1.400,00
Moto-bomba de 0,5 CV	Recalque	unid.	2	R\$473,00	R\$946,00
Chave boia	Reservatório	unid.	1	R\$285,00	R\$285,00
Válvula solenoide	Reservatório	unid.	1	R\$890,00	R\$890,00
Freio d'água 200 mm	Reservatório	unid.	1	R\$178,00	R\$178,00
Valor Total em Equipamentos					R\$9.244,00
Valor Total do Orçamento					R\$15.906,10

ANEXO A - Índices pluviométricos históricos de Lajeado

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1940	288,9	91,4	90,2	187,1	194,4	94	219,7	74,6	56,9	238,3	91,9	249,9	1877,3
1941	93,7	155,5	112,7	398	298,2	108,7	139,7	155,3	113,8	100,9	259,0	95,4	2030,9
1942	58,2	125,1	220,8	53	396,7	157	56,4	41,6	132,6	127,8	33,3	7,3	1409,8
1943	69	47,6	90,2	16,6	228	151,6	153,4	55*	125,5	16	29	76	1057,9*
1944	189,7	52,6	119	34,1	28,6	200	27,9	131,6	69,6	164,8	46,8	17,6	1082,3
1945	61,1	43,6	88,8	28,1	35,6	135,7	164,1	97,4	134,2	73,4	114	147,8	1123,8
1946	254,2	203,6	34,6	9,3	110	115*	58,7	61	18,7	154,1	79,9	305,3	1404,4*
1947	95,4	139,8	26,9	68,6	154,1	173,7	35,2	104,8	189,3	71,3	18,5	168,7	1246,3
1948	163,1	191,6	150,5	113,2	165,9	98,2	118,6	96,3	127,2	167,9	93,1	0	1485,6
1949	159,7	58,3	165,8	92	42,8	117,3	151,2	94,5	193,6	170,7	23,5	88,6	1358,0
1950	62,6	134,9	130,8	79,2	147,8	124,5	129,2	120,4	96,3	98,9	108	105,1	1337,7
1951	112,5	135,0	94,2	107,2	70	141,4	21,1	37,4	182,2	188	261,6	101,2	1451,8
1952	48,3	90,6	34,4	51,3	62,9	349,6	127,8	52,8	99,4	143,2	100,6	140,1	1301,0
1953	67,1	38,6	107,8	121,2	157,2	200,4	121,4	153,8	246,4	345,9	84,6	68,1	1712,5
1954	246,1	139,3	99,8	73,5	82,8	242,8	258,2	131,8	274,6	183,6	15,3	166,9	1914,7
1955	104,7	106,1	118,6	214,3	165,3	123,6	156	119,6	178,7	112,6	92,6	75,2	1567,3
1956	197,2	198,1	107	231,4	106,2	142,8	83,1	114,9	130,2	206,1	29,4	66,3	1612,7
1957	164,5	68,3	34,3	148,8	82,4	72,4	119,6	104	142,8	148	138,9	159,3	1383,3
1958	158,5	204,9	41,9	70,9	47,8	120,7	60,7	283,6*	84	129,9	132,6	220,5	1556*
1959	206,7	244,1	129,9	193,4	74	116,7	13,4	219,9	229,6	68,7	17,1	123,8	1637,3
1960	64,1	106	88,7	100,9	80,4	183,2	159	171,9	129,0	127,7	51	45,8	1307,7
1961	166,8	125,5	161	136	48,2	98,7	126,8	83	263,0	186	117	75	1587,0
1962	31	21	46	96,1	22	36	55,3	77	122,7*	86,2	54	42,3	689,6*
1963	201,8	41	104,2	69,6	84	94	95,6	178,4	161,3	222,5	204,8	26,0	1483,2
1964	20	95,8	49,8	102,8	0	44,4	109	56,4	91	92,0	76,0	130,5	867,7
1965	45,5	40,7	94	72	70	32,2	48,2	302,6	230,8*	170	82,8	126,4	1315,2*
1966	141,6	185,2	204,6	110,8*	0	194,6	213	151	87,4	221	79,6	217,9	1806,7*
1967	168,6	74,40*	158	20	66	94,4	91,6	157*	343	104,4	105	101	1483,4*
1968	114,4	82,6	152	91,4	61,8	75,8	102,6	13,5	158,8	141,6	104,8	119,8	1219,1
1969	113,2	334,4	96,8	70,8	126,4	38,2	41,8	96,2	91	29,2	111,8	159,2	1309,0
1970	100,1	143,8	135,6	57,8	187,6	214,4	189,6	122,6	43	181,2	19,5	175,3	1570,5
1971	194,4	162,2	224,6	120,4	77,2	171,7	92	141,2	35,8	17,8	39	82,2	1358,5

Continua...

(Continuação)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1972	283,6	138	174,0	159,6	46	228	178,8	277,4	288	149,4	158,2	71	2152,0
1973	200,8	227,8	60,4	139	105,1	84	190,9	189	154,6	159,8	28	211	1750,4
1974	127,4	116,9	165,7	4,2	114,8	190,8	67,4	80,2	38,8	63,1	146	188	1303,3
1975	106	118,4	120,6	44	106,4	182,7	49	294,4	186	70,6*	131,2	91,4	1500,7*
1976	122,8	113,2	199,6	111,4	201,6	132,4	137,6	81,4	113,3	150,8	102,5	183	1649,6
1977	149,8	221,2	135,8	115,6	73,8	143,5	219,8	179,8	103,6	52,6	106,2	128,8	1630,5
1978	98,6	50	80,6	10,8	22	91,8	175,2	88	85,8	106	179,2	194,4	1182,4
1979	21,8	57	95,2	138,2	131,4	74,4	91,3	124,2	105,8	241,6	191	289,2*	1561,1*
Média	131,8	123,1	113,6	101,6	106,9	134,8	116,2	127,9	141,5	137,1	96,4	126,0	1457,0



UNIVATES

R. Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95900.000 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09