

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

**DOUGLAS ROBERTO MORESCO
EMERSON PITONDO DA SILVA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA E ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO
DE CISTERNA EM UMA RESIDÊNCIA DE ALTO PADRÃO NA CIDADE DE
CASCAVEL, PARANÁ**

CASCAVEL - PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

**DOUGLAS ROBERTO MORESCO
EMERSON PITONDO DA SILVA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA E ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO
DE CISTERNA EM UMA RESIDÊNCIA DE ALTO PADRÃO NA CIDADE DE
CASCAVEL, PARANÁ**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Janes Caciano Frozza, Mestre em Educação, Cultura e Tecnologia.

CASCAVEL - PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
DOUGLAS ROBERTO MORESCO
EMERSON PITONDO DA SILVA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA E ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO
DE CISTERNA EM UMA RESIDÊNCIA DE ALTO PADRÃO NA CIDADE DE
CASCAVEL, PARANÁ**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do **Professor Mestre Janes Caciano Frozza**.

BANCA EXAMINADORA

Orientador (a) Prof^a. **Mestre Janes Caciano Frozza**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Graduado em Química
Mestre em Educação, Cultura e Tecnologia

Professor (a) <**Titulação NOME DO PROFESSOR**>
Centro Universitário Assis Gurgacz
<Formação graduação do professor>

Professor (a) <**Titulação NOME DO PROFESSOR**>
Centro Universitário Assis Gurgacz
<Formação graduação do professor>

Cascavel, 01 de dezembro de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho, a todos que contribuíram direta ou indiretamente,
para a realização do mesmo.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus.

A nossas esposas e familiares, pela compreensão e paciência nos momentos difíceis.

Ao nosso professor orientador pela contribuição com o seu conhecimento, e que além de professor e orientador, foi também um amigo durante os cinco anos de caminhada em nossa formação. Você fez muita diferença.

EPÍGRAFE

“A minha alucinação é suportar o dia-a-dia, e o meu delírio é a experiência com coisas reais”.

Antônio Carlos Belchior

RESUMO

A NBR 10844 (ABNT, 1989) trata das instalações prediais e projetos de drenagem pluvial, as quais devem garantir condições de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, resistência e economia. O uso racional da água e a reutilização da água pluvial é uma possibilidade em empreendimentos e, justificados frente ao contexto da sustentabilidade, atualmente em pauta, sendo que a sua utilização pode ser uma referência na divulgação do empreendimento e na busca da sustentabilidade nas edificações, tendência atual no mercado da construção civil. Assim, a pesquisa enfatizou a importância do reuso da água pluvial, onde avaliou-se a viabilidade financeira e econômica para implantação de uma cisterna, em uma residência de alto padrão, na cidade de Cascavel, PR. O sistema proposto é composto por quatro etapas que permite a captação e filtragem, assegurando a adequada qualidade da água e dispensando a necessidade de intervenção diária dos usuários. Considerando o consumo mensal de água de 28,8 m³, obteve-se um valor estimado de R\$ 277,26 na tarifa de água e esgoto no simulador da concessionária. O consumo de água para fins não potáveis apresentou um percentual total de 7% do consumo total da residência, correspondendo a um volume mensal de 2,02 m³ e um custo mensal de R\$ 62,24. No levantamento dos custos para implantação do sistema obteve-se um valor total de R\$ 9.130,50, e os custos de manutenção e limpeza anual do sistema, estimado em 6% do custo total investido, aplicado ao longo da vida útil de 20 anos, um valor de R\$ 10.956,60, totalizando R\$ 20.087,10 para instalação e manutenção. Estimando uma economia anual de R\$ 746,88 na tarifa de água e esgoto, calculou-se um *payback* de 26 anos, 10 meses e 20 dias. Pode-se concluir, que o sistema é economicamente inviável considerando que a vida útil do equipamento é de 20 anos. A inviabilidade do sistema pode ser em decorrência do dimensionamento do reservatório para armazenamento de água da chuva, sendo que o fator que prevalece na equação é a demanda de água da edificação, o que resulta em reservatórios relativamente grandes e, conseqüentemente, de alto custo.

Palavras-chave: Cisterna; Demanda de consumo de água; Utilização em fins não potáveis; Dimensionamento do sistema de captação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Implantação da edificação.....	24
Figura 2: Planta baixa pavimento térreo.....	25
Figura 3: Planta baixa pavimento superior.....	25
Figura 4: Mapa geográfico do Paraná.....	27
Figura 5: Localização da residência objeto do estudo na cidade.....	28
Figura 6: Interface <i>software</i> Plivio 2.1	29
Figura 7: Influência do vento na inclinação da chuva	30
Figura 8: Método de cálculo para superfície inclinada.....	31
Figura 9: Método de cálculo para superfície plana.....	31
Figura 10: Ábaco para a determinação de diâmetro de condutos verticais	33
Figura 11: Capacidade de condutores horizontais de seção circular	34
Figura 12: Resultado das constantes segundo o <i>software</i> Plivio 2.1 – Cascavel, Paraná.....	38
Figura 13: Planta de cobertura.....	40
Figura 14: Determinação do diâmetro dos condutores verticais	42
Figura 15: Dimensionamento de condutores horizontais de seção circular	43
Figura 16: Cisterna com sistema de quatro estágio	44
Figura 17: Filtro autolimpante.....	45
Figura 18: Freio d'água	45
Figura 19: Filtro flutuante.....	46
Figura 20: Simulação do consumo de água e esgoto mensal	49
Figura 21: Simulação do consumo de água e esgoto para fins não potáveis.....	50
Figura 22: Gráfico de viabilidade econômica.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões	18
Tabela 2: Regiões do Brasil com áreas em km ² e população	18
Tabela 3: Desagregação da água em uma residência	26
Tabela 4: Capacidades de calhas semicirculares	32
Tabela 5: Desagregação da água em uma residência	37
Tabela 6: Resultado da precipitação para 5, 10, 50 anos em 5, 10, 20 e 50 minutos.	39
Tabela 7: Determinação das áreas de contribuição e vazão de projeto	41
Tabela 8: Quantitativo e custo para implantação de cisterna	48

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01: Intensidade máxima média da chuva	28
Equação 02: Vazão de projeto	31
Equação 03: Fórmula de Manning-Strickler	32
Equação 04: Volume de água aproveitável	34
Equação 05: <i>Payback</i>	35
Equação 06: Volume de água aproveitável resultante	43
Equação 07: <i>Payback</i> resultante	50

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	15
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	15
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
CAPÍTULO 2	16
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1.1 Água	16
2.1.2 Disponibilidade de recursos hídricos	17
2.1.3 Chuvas	19
2.1.4 Aproveitamento de águas pluviais	20
2.1.5 Instalações hidráulicas	21
2.1.6 Cisterna	22
CAPÍTULO 3	23
3.1 METODOLOGIA	23
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	23
3.1.2 Caracterização da amostra	23
3.1.3 Cálculo de consumo	26
3.1.4 Localização da área de estudo	26
3.1.5 Cálculo Precipitação	28
3.1.6 Área de captação	30
3.1.7 Viabilidade financeira: levantamento do custo de implantação do sistema	34
3.1.8 Viabilidade econômica	35
CAPÍTULO 4	37
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1.1 Cálculo de consumo	37
4.1.2 Dimensionamento do sistema de captação pluvial	38
4.1.3 Caracterização do sistema de captação de água	43
4.1.4 Análise da viabilidade financeira: Custo de Implantação	46

4.1.5 Análise de viabilidade econômica.....	49
4.1.6 Análise da viabilidade econômica e financeira.....	51
CAPÍTULO 5.....	53
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
CAPÍTULO 6.....	55
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	55
REFERÊNCIAS	56

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

A partir dos anos 90 passou-se a falar mais sobre prevenção dos recursos naturais e com certeza um dos itens mais importantes é a água potável e como reduzir o consumo da mesma ou como reutilizá-la de forma eficaz e inteligente, evitando assim que este recurso se esgote em um curto espaço de tempo.

“A civilização ainda não se conscientizou que depende extremamente da água e tem que conservá-la, pois, trata-se de um recurso limitado e vulnerável” (SZÖLLÖSI-NAGY, 1993, p. 44). Na frase o autor retrata muito bem a importância do tema, pois mesmo após 25 anos de sua publicação esta discussão ainda é atual. Aliados ao grande crescimento populacional e uma cultura consumista, é possível observar o aumento da necessidade de água em indústrias, em nossas casas, na agricultura e em muitos outros locais onde esse consumo desenfreado coloca em risco os recursos naturais, ameaçando todo um sistema. Levando em consideração esse pensamento, o reuso da água para fins não potáveis, como lavagem de carros, calçadas, rega de plantas e jardins, é de essencial importância.

Nesse sentido, busca-se com este trabalho demonstrar a real importância do reuso da água da chuva, pois possuímos a mesma de forma gratuita, e também estudar a viabilidade da implantação do sistema de captação.

Uma das dificuldades será conseguir mostrar a futuros construtores que, apesar do alto custo de implantação do sistema, ele pode se pagar com a economia gerada por meio da captação de água da chuva, tornando este investimento lucrativo no futuro, além de contribuir com o meio ambiente e com as próximas gerações.

O trabalho foi concebido utilizando métodos de cálculo baseado na norma para captação de água pluvial, levando em conta o fator da demanda de água que a edificação necessita, pensando na melhor maneira de tornar este sistema cada vez mais eficiente e interessante, tanto na parte social quanto na econômica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade financeira e econômica para implantação de cisterna em uma residência de alto padrão, na cidade de Cascavel - PR.

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar a precipitação de chuvas registrada na cidade de Cascavel, levando em consideração os últimos 10 anos;
- Dimensionar a cisterna para captação de águas pluviais.
- Comparar custo de implantação x retorno do investimento;

1.3 JUSTIFICATIVA

Enfrentam-se muitos problemas com falta de água e enchentes em diversos lugares do país nos últimos anos, com isso se torna cada dia mais indispensável a conscientização do ser humano sobre a importância da economia e do reuso da água, pois este é o recurso mais importante que a natureza pode nos oferecer, e de forma gratuita.

A demanda de água da chuva e sua área de captação têm um papel fundamental na viabilidade do trabalho, podendo ser fatores determinantes nos resultados da pesquisa.

O tamanho do reservatório construído influenciará diretamente tanto na parte econômica quanto na ecológica e, se tratando de meio ambiente, este tem um papel fundamental na preservação dos recursos naturais.

A escolha por uma residência unifamiliar de alto padrão, foi feita levando em consideração sua grande área de captação do recurso e a necessidade que a mesma possui. Casas de grande porte geralmente possuem amplas áreas de lazer, jardins e calçadas, necessitando para sua manutenção diária quantidades elevadas de água, e tendo a possibilidade deste recurso ser captado de forma gratuita, pode-se projetar um sistema visando

obter tanto a economia quanto ser ecologicamente correto. Este modelo de captação mostra ser mais eficiente para residência unifamiliar.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Considerando viabilidade financeira e econômica, é viável economicamente a implantação de cisterna em uma residência unifamiliar e por que investir nesse sistema?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

O custo de implantação tem um alto valor financeiro, levando em conta o dimensionamento da cisterna e seu sistema de calhas e tubulações. Porém, o investimento se torna vantajoso em longo prazo, pois o mesmo se paga com a economia gerada, levando em consideração a necessidade de preservar este recurso tão importante para a sobrevivência de nosso meio ambiente e futuras gerações.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa será limitada a uma residência unifamiliar de alto padrão, localizada na Avenida Treviso – Santo Inácio, Cascavel – Paraná. O levantamento de dados será realizado por meio de análise de projeto, levando em consideração sua área de cobertura, área de terreno e análise de dados pluviométricos dos últimos 10 anos.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Cada vez mais o assunto sustentabilidade assume o posto de protagonista no planeta, o qual possui diversas vertentes que podem trazer a utilização, bem como a reutilização dos recursos naturais, trazendo economia a quem neste ramo investe.

Segundo Hespanhol (2000) *apud* Mieli (2001), um dos pilares do uso eficiente da água é o combate incessante às perdas e aos desperdícios, no caso do Brasil a média de perdas nos sistemas de abastecimento é de 40%.

Effting (2007) afirma que a educação ambiental ajuda a fazer e compreender claramente a existência da interdependência econômica, social, política e ecológica, nas zonas urbanas e rurais; proporciona a todas as pessoas a possibilidade de adquirir os conhecimentos, o sentido dos valores, o interesse ativo a as atitudes necessárias para proteger e melhorar o meio ambiente; induz novas formas de conduta nos indivíduos, nos grupos sociais e na sociedade em seu conjunto a respeito do meio ambiente.

2.1.1 Água

O livro *Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*, de Rebouças (2006), é uma das mais importantes literaturas que existe relacionado ao assunto. O mesmo demonstra já no início o quanto é importante este recurso para sobrevivência do ser humano.

Segundo o autor, alguns dos significados referidos em diferentes mitologias, religiões, povos e culturas para a água é de um elemento vital, purificadora, recurso natural renovável. Além disso, a Terra é o único corpo do Universo, até agora conhecido, e onde encontra-se água, nos três estados físicos fundamentais: líquido, sólido (gelo) e gasoso (vapor). (REBOUÇAS, 2006).

O ser humano e outras espécies sempre buscaram viver próximo a lugares onde se encontra água, como podemos observar na própria história das grandes civilizações que buscavam se formar às margens de grandes rios, por exemplo, na Mesopotâmia formada ao entorno dos rios Tigre e Eufrates. No Brasil, temos vários exemplos de civilizações que se formaram às margens de rios, como o Vale do Taquiri, localizado na região central do Rio

Grande do Sul. Outras sociedades também já mostravam ter consciência da necessidade de viver perto de locais onde se tenha água em abundância, conforme exemplifica Collischonn e Dornelles (2013):

A humanidade tem se ocupado com a água como uma necessidade vital e como uma ameaça potencial pelo menos desde o tempo em que as primeiras civilizações se desenvolveram às margens dos rios. Civilizações antigas construíram canais, diques, barragens, condutos subterrâneos e poços ao longo do rio Indus, no Paquistão, dos rios Tigre e Eufrates, na Mesopotâmia, do Hwang Ho na China e do Nilo no Egito, há pelo menos 5000 anos (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013, p. 13).

Para que o ser humano sobrevivesse e evoluísse foi necessário compreender o que acontece com a água e aprimorar técnicas de captação e irrigação, ou seja, como aproveitar da melhor maneira este recurso vindo dos rios.

Rebouças (2006) diz em sua obra que a qualidade da água que se tem disponível para consumo em mananciais próximo a grandes centros urbanos, tem diminuído de forma drasticamente a cada dia, pois grandes indústrias têm lançado nestes rios enormes quantidades de produtos químicos. Situação que não é diferente em regiões agrícolas, que por conta de seus defensivos, acabam expondo os rios a inúmeros produtos tóxicos. É necessário um intenso controle na qualidade desta água para realizar sua extração, pois a confiança na mesma é quase nula.

2.1.2 Disponibilidade de recursos hídricos

Para falar sobre recurso hídrico é necessário compreender a terminologia, ou seja, entender a diferença entre água e recurso hídrico. Rebouças (2006) afirma em sua obra que quando nos referimos ao termo “água” de forma isolada, estamos mencionando o elemento natural, contrário do termo “recurso hídrico” que nos remete ao bem econômico, assim podemos concluir: que nem toda água existente em nosso planeta é considerada um recurso hídrico.

Coimbra e Rocha (1999) dizem que 70% da superfície da terra é constituída por água, porém 97,5% é de água salgada, já dos outros 2,5% que sobram, somente 0,3% é de água disponível em rios e lagos que pode se utilizada para consumo.

Tomas (2005) enfatiza que de toda a porcentagem de água existente somente 0,007% desta quantia pode ser obtida de forma fácil. O mesmo também ressalta que, o Brasil possui

grande quantidade desse recurso natural, sendo privilegiado, pois possui 53% de toda água da América do Sul, e também uma vazão da ordem de 177 900 m³/s, quantia tal que representa 12% se compararmos ao nível mundial.

Rebouças (2006) complementa que o Brasil se destaca no cenário mundial pela grande descarga de água doce dos seus rios, apresentando 177.900 m³/s de produção hídrica, e mais 73.100 m³/s da Amazônia intercontinental. Esses números representam 53% da produção de água doce do continente sul-americano (334 mil m³/s) e 12% do total mundial (1.488 milhões de m³/s).

Deve-se lembrar que esta água existente no país não é distribuída de forma igualitária em todo território, deixando o norte do país, que tem uma densidade populacional pequena, com a maior parte do recurso natural como representa-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões

REGIÕES DO BRASIL	Vazão (Km ³ /ano)	Porcentagem (%)
Norte	3.845,5	68,5
Nordeste	186,2	3,3
Sudeste	334,2	6,0
Sul	365,4	6,5
Centro – oeste	878,7	15,7
TOTAL	5610,0	100

Fonte: Tomaz (2005)

Tabela 2: Regiões do Brasil com áreas em km² e população

REGIÕES DO BRASIL	ÁREA (Km ²)	População 1999	Porcentagem da população (%)
Norte	3.869.697	12.133.705	7,40
Nordeste	1.561.177	46.289.042	28,23
Sudeste	927.214	69.858.115	42,61
Sul	577.214	24.445.950	14,91
Centro – oeste	1.612.077	11.220.742	6,85
TOTAL	8.547.403	163.947.544	100,00

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE *apud* Tomaz (2005)

Comparando-se as tabelas de Tomaz (2005), pode-se verificar que a região norte tem 7,40% da população e dispõem de 68,5% de toda água do Brasil. Conforme o autor, isso acaba gerando um desequilíbrio entre oferta e necessidade. Observa-se que na região Sudeste,

a qual possui maior população, o problema é mais acentuado pela poluição dos rios, em consequência da atividade industrial, utilização dos insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos.

Hendges (2015) mostra que 70% do consumo de água no Brasil fica a cargo do setor agropecuário, já o setor industrial consome 24% da fatia, restando ao uso doméstico 6% do total deste consumo, a população brasileira consome em média 165 litros/habitante/dia. Maranhão (2015) destaca que segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), o ideal seria 110 litros de água por dia, esta quantia seria o suficiente para atender todas nossas necessidades básicas, podendo assim minimizar problemas que geram transtornos por causa da má utilização da água.

2.1.3 Chuvas

Segundo Collischonn e Dornelles (2013), entre as diferentes formas de precipitação estão a chuva, o granizo e a neve, todas elas são água da atmosfera que quando atingem a superfície são denominadas precipitação. No Brasil, a forma mais simples que temos é a chuva e, algumas vezes, o granizo.

Pode-se ressaltar que, a disponibilidade em uma determinada região é constante, já por sua vez a população está em constante crescimento, ficando claro que conforme a população aumenta, a disponibilidade do recurso tende a diminuir, além deste problema se agravar com a poluição destas águas.

Sobre o assunto Mierzwa e Hespanhol (2005) enfatizam que é importante a elaboração de estratégias que compatibilizem o uso da água nas atividades humanas e que os recursos hídricos, no país, não são abundantes. Onde os atuais conceitos sobre uso de água e tratamento e descarte dos efluentes gerados devem ser reformulados. Assim, a racionalização do uso e reuso da água tornam-se fundamental em busca da garantia de continuidade das atividades humanas, diante desse cenário de escassez de recursos hídricos.

2.1.4 Aproveitamento de águas pluviais

A água é um dos elementos que compõe o planeta e é de suma importância para a sobrevivência do homem e da natureza, contudo, há um consumo diário que é muitas vezes inadequado, portanto, a reutilização traz diversos benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Com o aumento do consumo e com a poluição, é necessário encontrar novas formas de reaproveitar a água que, além de contribuir para o uso racional, minimiza o impacto das precipitações pluviais, principalmente em regiões de maior impermeabilização dos solos.

Ferreira (2014) ressalta da importância de reaproveitarmos a água de chuva e quais são seus benefícios. Com este reaproveitamento é possível diminuir a quantia de água lançada em nossas galerias de águas pluviais, contendo assim possíveis enchentes e erosões causadas pelas mesmas. O autor ainda explana sobre a construção civil, onde estudo e o desenvolvimento de tecnologias e técnicas construtivas que busquem maior sustentabilidade, e minimizem os impactos causados ao meio ambiente, justifica-se e assume importância vital para o desenvolvimento de uma nova concepção de cidade mais sustentável.

Para Cunha (2011):

O planejamento, a implantação e a operação corretos de reuso trazem uma série de melhorias: minimização da descarga de esgoto nos corpos hídricos; preservação dos recursos subterrâneos; preservação aumento da resistência à erosão; aumento da produção de alimentos (irrigação e agrícola), elevando os níveis de saúde, qualidade de vida e de condições sociais.

Não são suficientes tantas inovações tecnológicas em diversos setores, se o ser humano não tiver consciência de coisas básicas, a população precisa aliar estas novas tecnologias ao meio ambiente, unir a tecnologia a um pensamento ecologicamente correto e fazer estes dois propósitos andarem juntos, isto seria uma grande evolução.

Para Ferreira (2014), um grande exemplo da contribuição positiva que o desenvolvimento de tecnologias pode proporcionar na utilização de maneira mais racional dos recursos hídricos, principalmente no seguimento habitacional, é com a captação de água potável de formas diferentes da tradicional, além do reuso dessas mesmas águas para finalidades menos nobres.

2.1.5 Instalações hidráulicas

Conforme a NBR 5626 (ABNT, 1998), qualquer sistema hidráulico deve atender os requisitos impostos pela mesma, tanto nas especificações de materiais, quanto nos dispositivos de refluxo, a fim de evitar que água de reaproveitamento não se misture com água potável, diferenciando assim claramente estas tubulações.

Devem ser criados dois sistemas separados, evitando assim tubulações cruzadas, pontos de consumos devem ser separados e marcados, um dos exemplos é ao instalar um ponto no jardim o mesmo deve conter uma placa dizendo: “água não potável”.

Conforme ANA – Agência Nacional de Águas (2005) existem algumas exigências mínimas para o uso da água não-potável nas edificações:

- a) Água para irrigação rega de jardim e lavagem de pisos: não deve apresentar mau-cheiro; nem conter componentes que agredam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas; - não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- b) Água para descarga em bacias sanitárias: não deve apresentar mau-cheiro; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve deteriorar os metais sanitários; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- c) Água para refrigeração e sistema de ar condicionado: não deve apresentar mau-cheiro; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve deteriorar máquinas; não deve formar incrustações.
- d) Água para lavagem de veículos: não deve apresentar mau-cheiro; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- e) Água para lavagem de roupa: deve ser incolor; não deve ser turva; não deve apresentar mau-cheiro; deve ser livre de algas; deve ser livre de partículas sólidas; deve ser livre de metais; não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

2.1.6 Cisterna

Cisternas são depósitos para armazenar a água da chuva e são totalmente fechadas para evitar contaminação (ECYCLE, 2018).

Um sistema de aproveitamento de água da chuva em residência pode ser aplicado sobre a superfície como telhado ou laje. Neste sistema, o volume é captado pela cobertura até um reservatório por meio de calhas dotado de filtro. A partir do reservatório, a água é diretamente distribuída para o uso na descarga do banheiro e na rega do jardim, lavagem de pisos e veículos, num ponto externo da edificação. Nesse sistema, não há necessidade de bombeamento da água, o que torna dispendioso na implantação e no consumo de energia elétrica (REIS E SILVA, 2014).

De acordo com Oliveira et al. (2012), a captação de água da chuva é feita nos telhados das construções das propriedades, sendo importante que os mesmos estejam limpos e bem cuidados, no qual sua área total é responsável pela quantidade de água captada, sendo que esta captação depende de um sistema com a instalação de calhas, condutores horizontais, condutores verticais, filtros e o reservatório (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Ainda para Oliveira *et al.* (2012), no sistema de filtração acontece a separação sólido-líquido onde são removidas as impurezas contidas na água como galhos e folhas. A água que será destinada para a cisterna deve passar por filtração antes de ser armazenada.

As cisternas podem, conforme apresentado por Oliveira *et al.* (2012), ser enterradas ou ao nível do solo. Quando utilizada a cisterna enterrada observa-se que, a temperatura resultante da água de armazenamento é menor, o que reduz o desenvolvimento e a proliferação de microrganismos. Já as cisternas construídas ao nível do solo sofrem a ação dos raios solares e, conseqüentemente, o aumento da temperatura da água armazenada. Porém, são construídas de maneira que não permita a passagem de luz solar, evitando assim o crescimento de microalgas e demais organismos no reservatório.

Os modelos de cisterna para armazenagem de água da chuva podem possuir diversas formas e materiais. Segundo Grings e Oliveira (2011), pesquisadores da Embrapa, os materiais utilizados na construção de cisternas podem ser vinimanta de PVC, manta de PEAD, fibra de vidro, alvenaria, ferro cimento ou concreto armado. Os reservatórios em fibra de vidro e alvenaria são mais utilizados para armazenamento de pequenos volumes (até 30m³), enquanto PVC, PEAD e concreto armado são recomendados para a reserva de grandes volumes.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Trata-se de uma análise da captação de água, levando em consideração a área de captação (telhado) de uma residência unifamiliar de alto padrão, localizada no bairro Santo Inácio da cidade de Cascavel, Paraná.

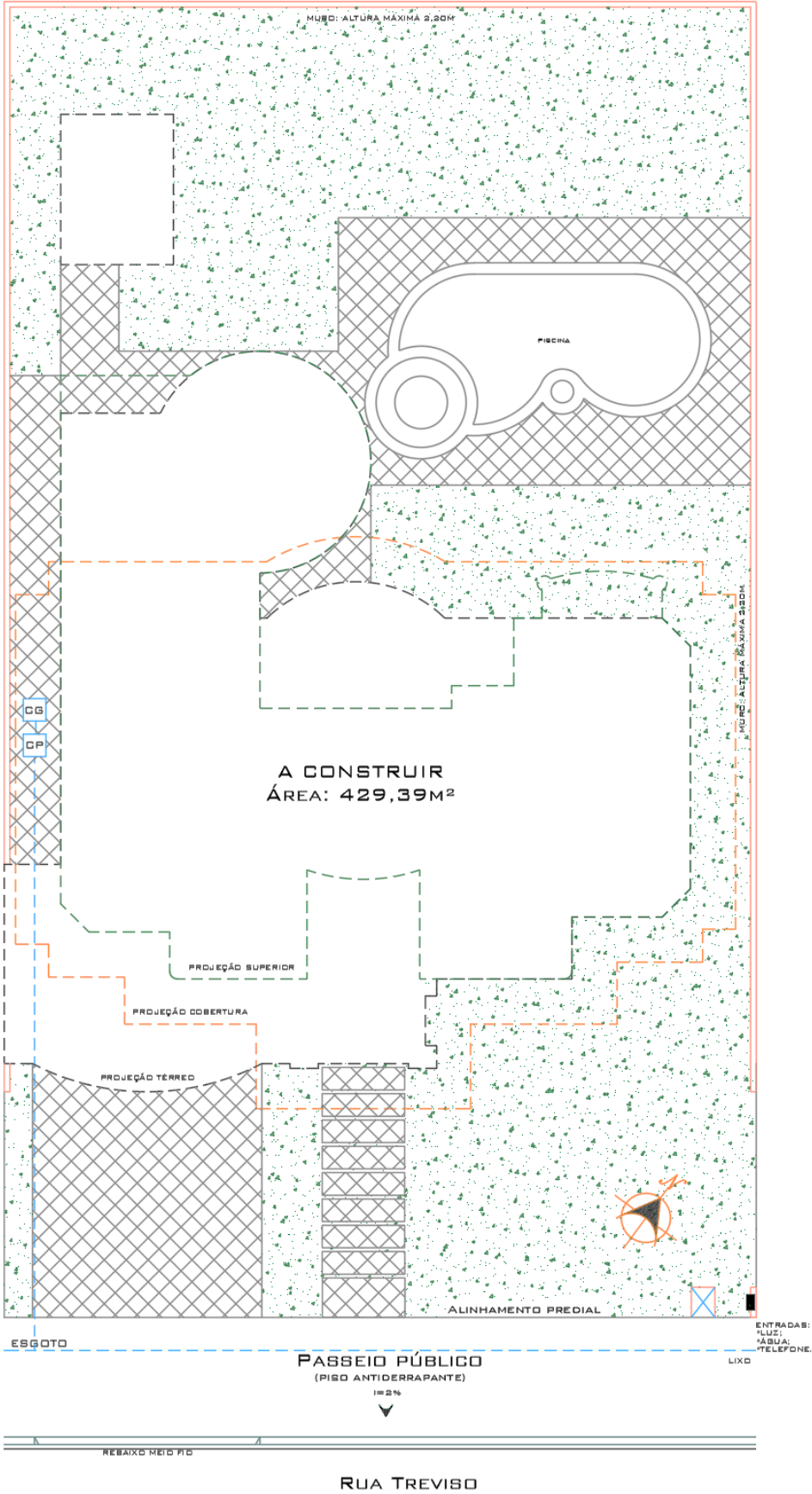
A pesquisa utilizou para o levantamento o método quantitativo, onde foram coletados os dados referentes às chuvas, considerando as médias históricas dos últimos 10 anos, a área de captação e o consumo de uma residência deste padrão, além do levantamento dos custos para a instalação do sistema e sua viabilidade financeira.

3.1.2 Caracterização da amostra

Este estudo de caso foi realizado considerando uma residência unifamiliar de alto padrão, localizada na cidade de Cascavel, Paraná, em um terreno (Figura 01) com área total de 700,00m², sendo 57,35 % permeável.

A edificação possui uma área construída de 429,39m², com quatro dormitórios, seis banheiros, sala de estar, sala de jantar, sala íntima, sala de cinema, escritório, cozinha, lavanderia, espaço gourmet e depósito. São quatro pessoas que moram no local, onde além da parte social e privativa já descrita, possui garagem, com área de 43m², que comporta três veículos.

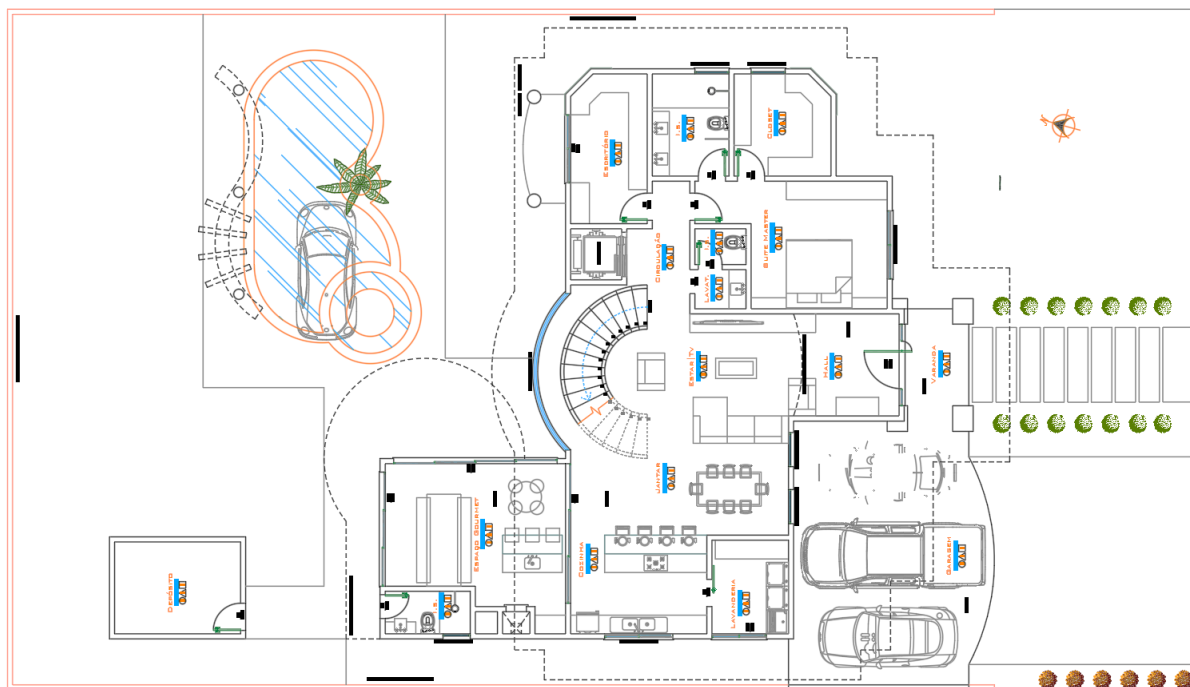
Figura 1: Implantação da edificação



Fonte: Construtora (2018).

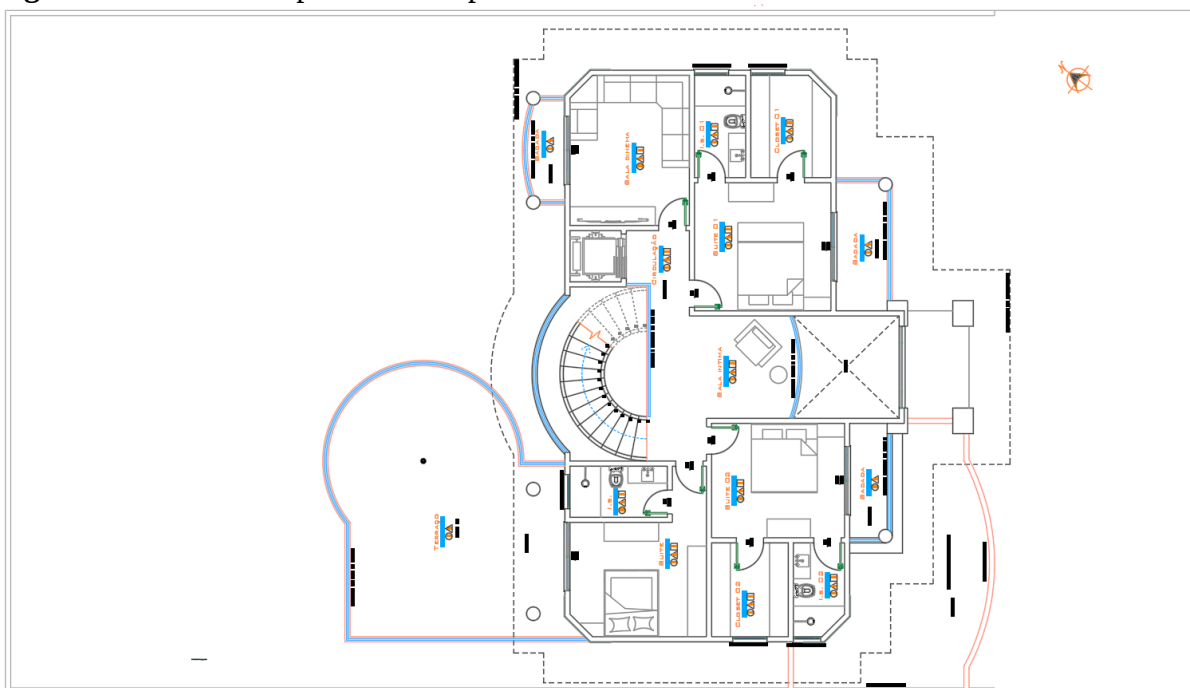
O pavimento térreo (Figura 02) possui uma área total construída de 237,19m² e pavimento superior (Figura 03) com 180,20m², além de um depósito com 12,00m².

Figura 2: Planta baixa pavimento térreo



Fonte: Construtora (2018).

Figura 3: Planta baixa pavimento superior



Fonte: Construtora (2018)

3.1.3 Cálculo de consumo

Prever o consumo de água mensal de uma residência nem sempre é possível com exatidão, pois é uma tarefa um tanto difícil, porém, pode-se estimar esse consumo com alguns parâmetros de engenharia. Tomaz (2005) traz que as informações a respeito dos dados de consumo de água nas residências brasileiras são estimadas, não havendo estudos mais aprofundados.

A ABNT NBR 5626 (1998) define a população da edificação dependendo da natureza do local, para dormitórios essa taxa é de duas pessoas para dormitórios de até 12m², caso o cômodo possua área superior a isso, considera-se 3 pessoas.

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 1994) considera-se 80 litros diários de água por pessoa, sendo esse valor referência no consumo mínimo de água para fins domésticos. Qasim, SyedR. (1994, *apud* Tomaz, 2005, p. 53) traz a porcentagem de utilização conforme o tipo de utilização da água em uma residência, como apresenta na Tabela 3.

Tabela 3: Desagregação da água em uma residência

TIPOS DE USO DA ÁGUA	PORCENTAGEM
Descargas na bacia sanitária	41%
Banho e lavagem de roupas	37%
Cozinha	11%
Lavanderia	4%
Limpeza e arrumação geral	3%
Rega de Jardins	3%
Lavagem de carros	1%
TOTAL	100%

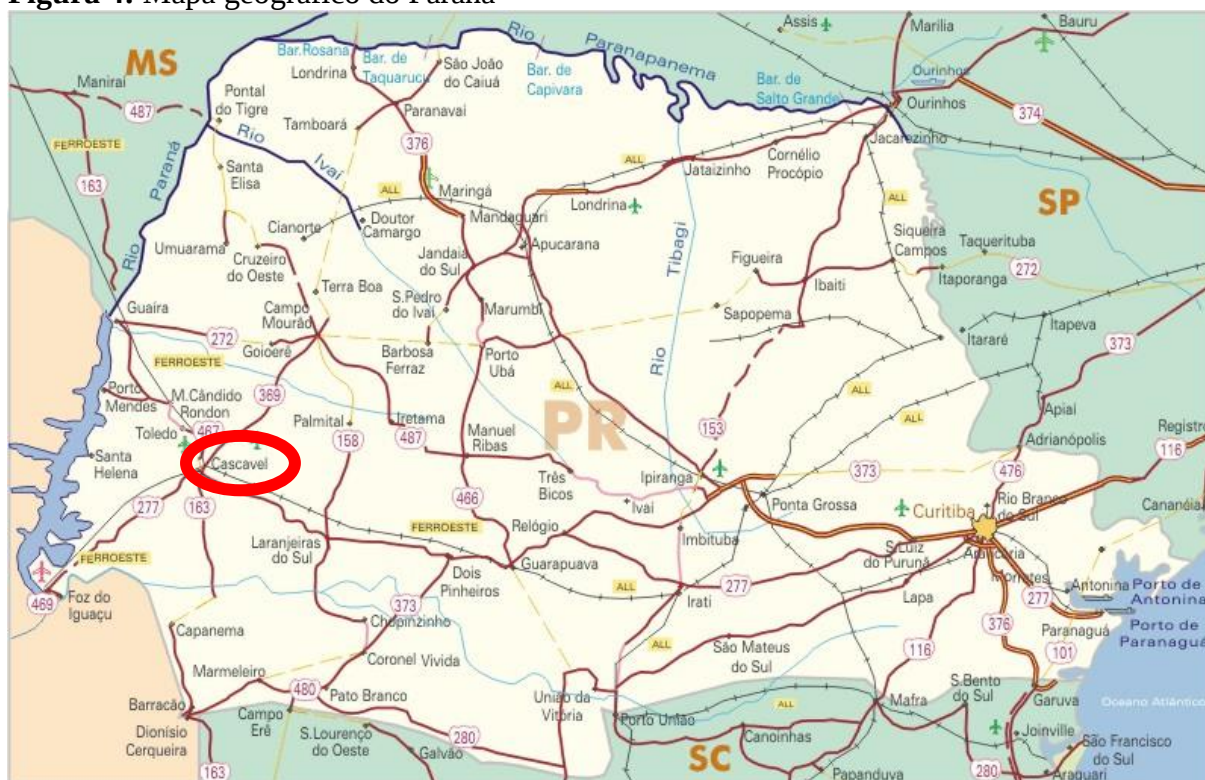
Fonte: Qasim, SyedR. (1994, *apud* Tomaz, 2005, p. 53)

3.1.4 Localização da área de estudo

O estado do Paraná (Figura 04) é dividido geograficamente em dez mesorregiões, sendo que Cascavel se encontra na mesorregião do Oeste Paranaense, e está situada no

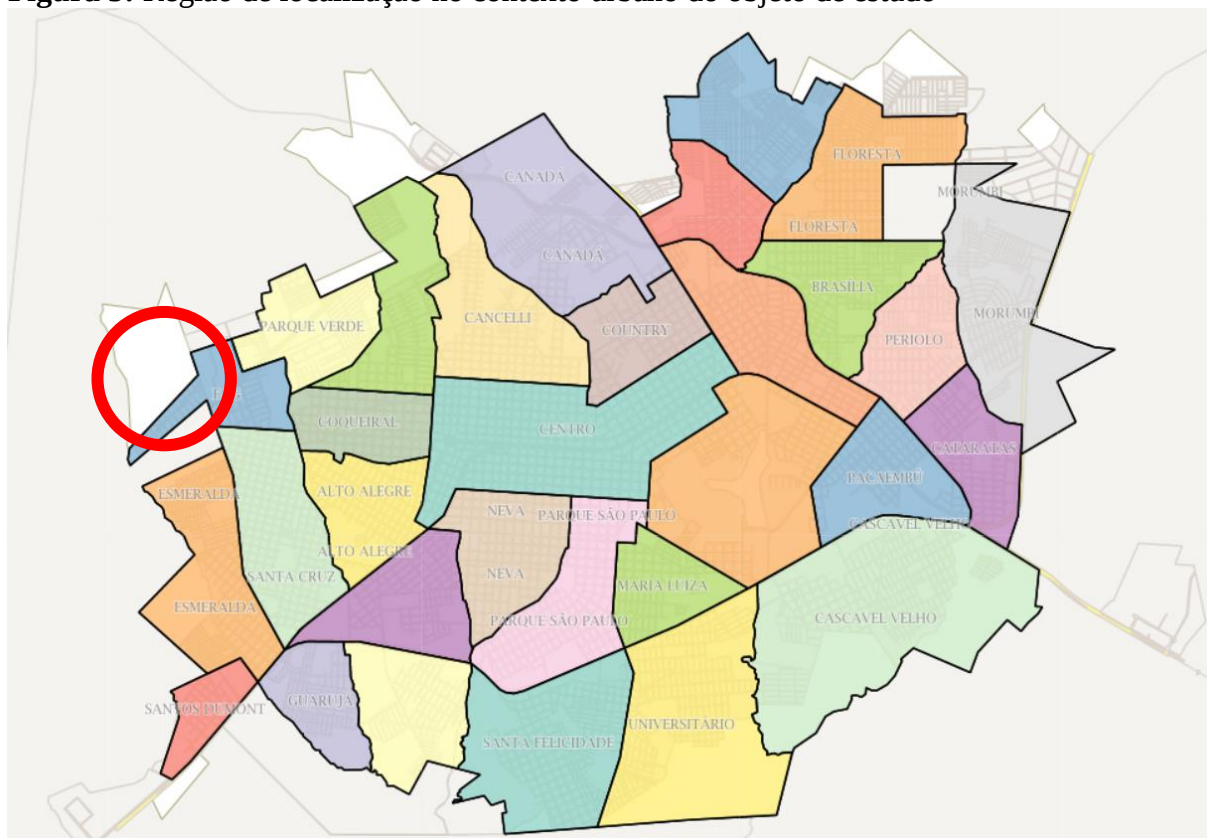
terceiro planalto paranaense, na região oeste, com uma altitude variando em torno dos 815 metros. O clima é subtropical mesotérmico superúmido, com temperatura média anual em torno de 19°C. Na Figura 5, destaca-se a região oeste de Cascavel, onde a residência objeto de estudo está localizada.

Figura 4: Mapa geográfico do Paraná



Fonte: IPARDES (2018).

Figura 5: Região de localização no contexto urbano do objeto de estudo



Fonte: GeoPortal Cascavel (2018).

3.1.5 Cálculo Precipitação

A Equação 01, obtida a partir da análise das observações das chuvas intensas durante um período de tempo suficientemente longo e representativo dos eventos extremos apresentada por Tucci (2004), foi utilizada para relacionar intensidade, duração e frequência das precipitações:

(01)

$$Im = \frac{K TR^a}{(t + b)^c}$$

Onde:

Im – intensidade máxima média da chuva, mm h⁻¹;

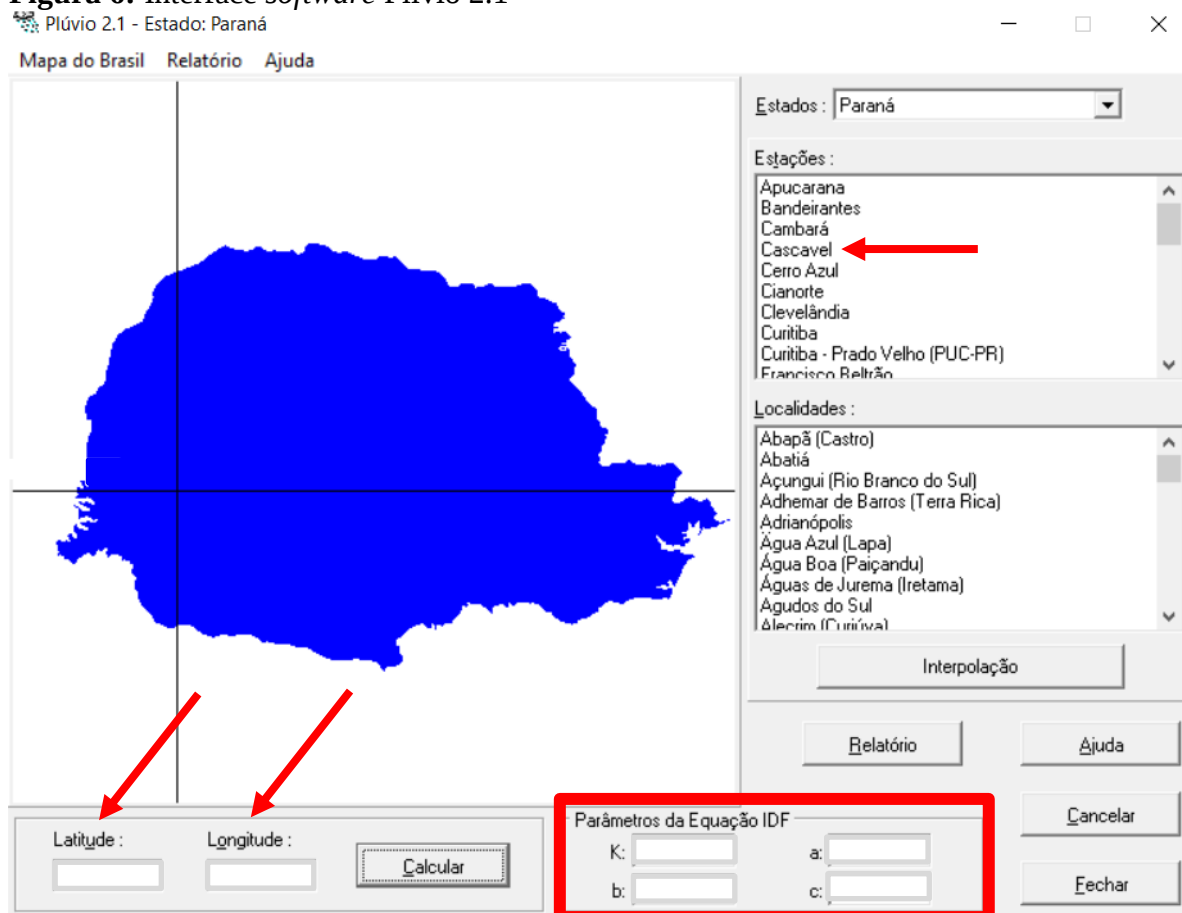
TR – período de retorno, anos;

t – duração da chuva, min;

k, a, b, c – coeficientes de ajustamento específicos para cada localidade.

No cálculo da precipitação foram utilizados tempos de retorno de 5, 10 e 50 anos com duração de 5, 10, 20 e 50 minutos, para o município de Cascavel, Paraná. Os coeficientes de ajustamento específicos das constantes “k”, “a”, “b”, “c” foram obtidos a partir do *software* Plúvio 2.1 (Figura 6), que utiliza o método do inverso da quinta potência da distância, tendo um erro médio percentual igual a 19,37%, sendo aceitável em se tratando de chuvas intensas. A latitude 24° 57’ 21” S, e a longitude: 53° 27’ 19” W, foram ajustadas conforme a localização do município, permitindo uma precisão nas informações.

Figura 6: Interface *software* Plúvio 2.1



Fonte: Universidade Federal de Viçosa (2018).

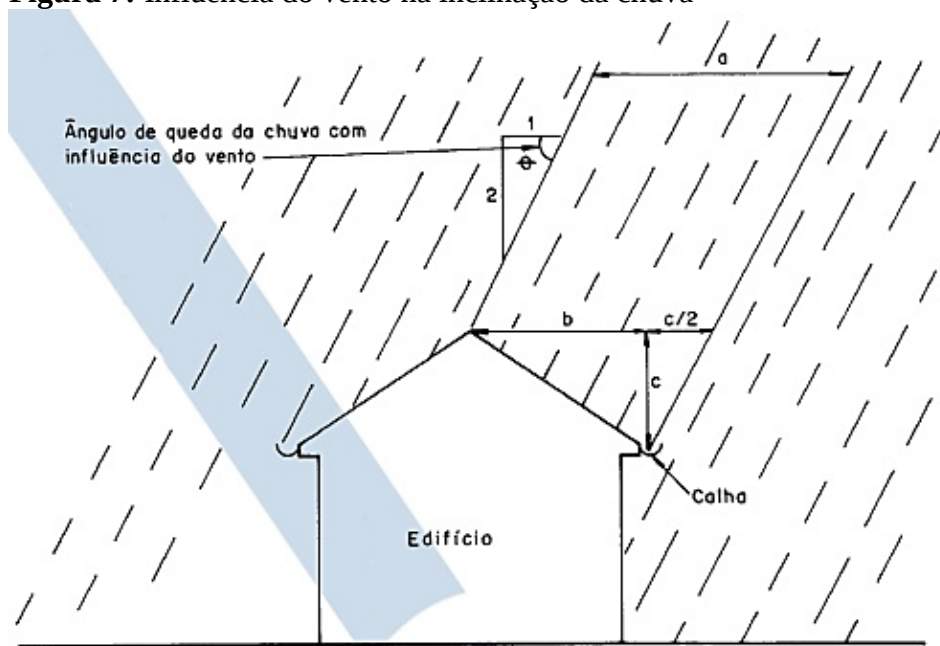
Os coeficientes, destacados na figura, são parâmetros que descrevem características locais (adimensional), e conforme a localização do município o *software* informa a partir da sua base de dados. Como os parâmetros (K, a, b, c) são relacionadas às características pluviográficas da região estudada, Silva e Carvalho (2006) trazem que esses podem ser abrangidos e utilizados para uma determinada área em torno do local do qual foi obtido.

3.1.6 Área de captação

O telhado é fator determinante para implantação ou não do sistema de aproveitamento de águas pluviais, visto que é ele que determina a quantidade de água a ser captada, ou seja, conforme o tamanho do telhado o projeto pode se tornar inviável.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), a ação dos ventos deve ser levada em conta por meio da adoção de um ângulo de inclinação da chuva em relação à horizontal igual a $\arctg^2 \theta$, para o cálculo da quantidade de chuva a ser interceptada por superfícies inclinadas ou verticais. O vento deve ser considerado na direção que ocasionar maior quantidade de chuva interceptada pelas superfícies consideradas (Figura 7).

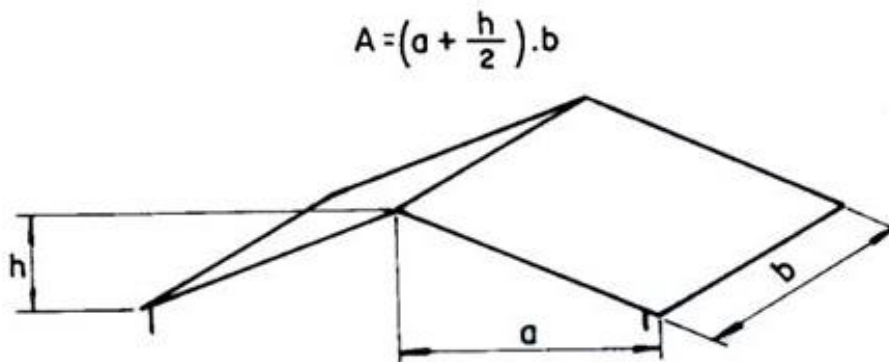
Figura 7: Influência do vento na inclinação da chuva



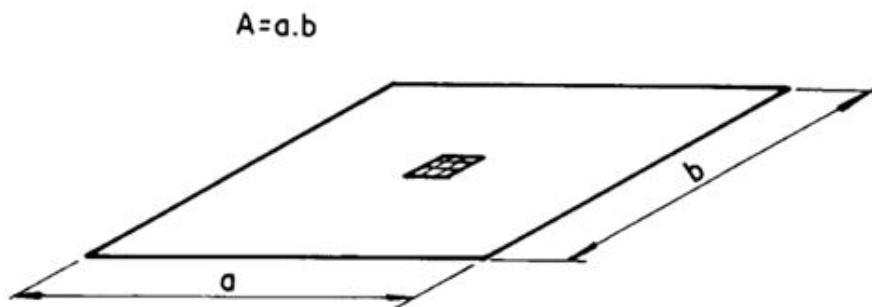
Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1998).

O telhado é constituído de telhas cerâmicas, com coeficiente de aproveitamento adotado igual a 0,80 (adimensional), que segundo Tomaz (2005) é o melhor valor do coeficiente de escoamento superficial. Esse coeficiente significa uma perda de 20 % de toda água precipitada, devido à ação dos ventos e a capacidade de infiltração, ou porosidade do material.

No cálculo da área de captação foi considerado a tipologia de cobertura, onde no projeto verificou-se a aplicação de superfícies inclinadas e áreas de laje plana. Conforme indica a NBR 10844 (ABNT, 1989), para as áreas de contribuição foram utilizadas as equações apresentadas nas Figuras 8 e 9.

Figura 8: Método de cálculo para superfície inclinada

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1998).

Figura 9: Método de cálculo para superfície plana

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1998).

Com a inclinação conhecida, o próximo passo foi calcular a vazão de projeto, como mostra a Equação 02.

(02)

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

Onde:

Q : Vazão de projeto (L/min)

I : Intensidade pluviométrica (mm/h)

A : Área de contribuição (m²)

Com a vazão de projeto foi possível dimensionar as calhas por meio da fórmula de Manning-Strickler (Equação 03). Os valores da Tabela 4, mostram a capacidade de calhas semicirculares resultantes da equação, utilizando um coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ e vazão em L/min., considerando lâmina de água igual à $\frac{1}{2}$ do diâmetro interno.

(03)

$$Q = k \cdot \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S$$

Onde:

Q : Vazão de projeto (L/min)

k : 60.000 (coeficiente para converter m³/s para L/min)

S : Área da seção molhada do escoamento na calha (m²)

n : Coeficiente de rugosidade

Rh : Raio hidráulico (m)

P : Perímetro molhado (m)

I : Declividade da calha (m)

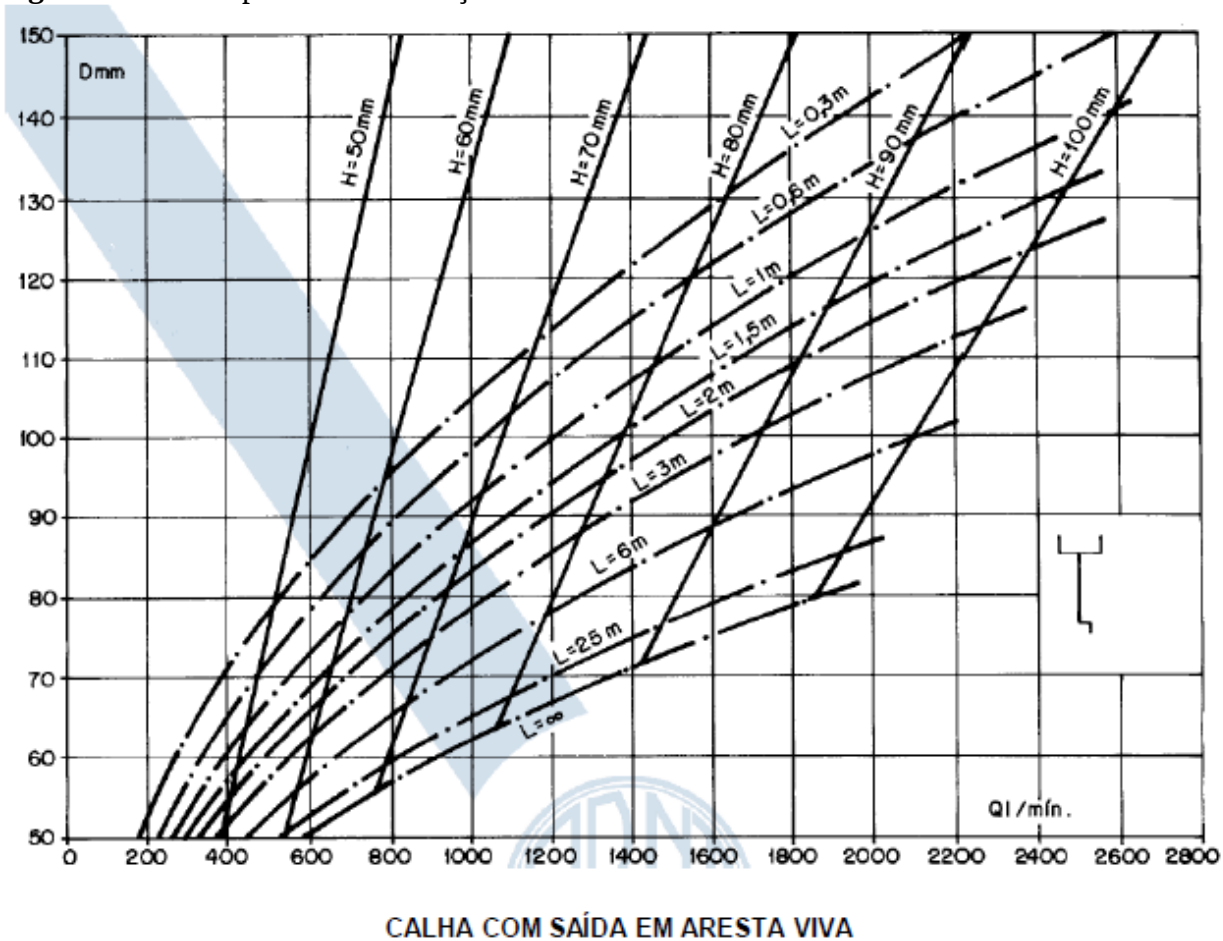
Tabela 4: Capacidades de calhas semicirculares

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

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1998).

Conforme a NBR 10844 (ABNT,1989), a água captada do plano do telhado é levada por meio das calhas até um reservatório, usando-se um conduto vertical. Tal conduto será dimensionado com a vazão de projeto (L/min), com a altura da lâmina de água na calha (mm), e com o comprimento do conduto vertical. Com os dados expostos, calcula-se com o auxílio do ábaco (Figura 10), considerando calha com saída em aresta viva. O valor encontrado no ábaco será o diâmetro do conduto, caso este diâmetro não seja comercial, será adotado o diâmetro logo acima do encontrado.

Figura 10: Ábaco para a determinação de diâmetro de condutos verticais



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1998).

Com os condutores verticais devidamente dimensionados, o próximo passo foi o dimensionamento dos condutos horizontais. Para dados de projeto, adotou-se uma declividade uniforme de 1%, com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno. Esses dados são suficientes para que fosse encontrado o diâmetro dos condutos horizontais por meio da tabela ilustrada na Figura 11.

Figura 11: Capacidade de condutores horizontais de seção circular**Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)**

	Diâmetro interno (D) (mm)	$\underline{n} = 0,011$				$\underline{n} = 0,012$				$\underline{n} = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1998).

Para finalização do dimensionamento de captação de água pluvial, dimensionou-se o reservatório de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), que trata sobre Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, na qual está inserido o Método Prático Inglês, conforme determinação da norma, representado pela Equação 04, a seguir:

(04)

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

V = Volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L)

P = Precipitação média anual (mm)

A = Área de coleta em projeção (m²)

3.1.7 Viabilidade financeira: levantamento do custo de implantação do sistema

De acordo com Camargo (2017), o estudo de viabilidade financeira tem como objetivo estimar o total de investimento necessário para a implantação de um projeto, onde

são considerados fatores, como capital inicial, despesas, receitas e desembolsos de investidores.

Para verificação dos custos de materiais e instalação foi realizado um levantamento dos insumos através da tabela SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, disponibilizado pela Caixa Econômica Federal, em setembro de 2018. Por ser referência nacional, foi escolhida como a principal fonte na obtenção e composição de serviços e materiais necessários. Os insumos não descritos na tabela SINAPI, foram pesquisados com fornecedores de Cascavel, Paraná.

3.1.8 Viabilidade econômica

No estudo de viabilidade econômica tem-se como objetivo analisar os custos e benefícios do projeto, permitindo analisar e realizar uma revisão do projeto, que pode apresentar-se de inviável ou viável (CAMARGO, 2017).

A análise da viabilidade econômica, levou em consideração o custo de implantação do sistema de captação de água pluvial e da mão-de-obra para execução, possibilitando assim uma comparação do investimento x tempo de retorno.

Para fundamentar a viabilidade econômica do sistema, o valor investido deve retornar através da economia gerada dentro do período de vida útil previsto. Segundo Fernandes, *et al* (2007), estima-se que a vida útil de um sistema de aproveitamento de água da chuva é de 20 anos. Usando a Equação 05 de *Payback*, foi determinado o período para o retorno do valor investido.

(05)

$$Payback = \frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Resultado médio do fluxo de caixa}}$$

Onde:

Payback: período de retorno do investimento

Investimento inicial;

Resultado médio do fluxo de caixa: valor economia mensal

Estimando o consumo mensal da edificação através da ABNT NBR 5626 (1998), e da tarifa paga para a concessionária, foi possível determinar o período de retorno do investimento. O custo de manutenção e operação anual foi baseado na pesquisa de Tomaz (2010), que apresentou um valor corresponde a 6% do custo do investimento.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Cálculo de consumo

O cálculo do consumo da residência foi elaborado de acordo com as recomendações da NBR 5626 (ABNT, 1998), as quais definem que para duas pessoas o espaço do dormitório é de até 12m², caso o cômodo possua área superior a isso, considera-se 3 pessoas.

Considerando que a edificação possui quatro suítes com área superior a 12,00m², a população total calculada foi de 12 pessoas e, de acordo com o Ministério da Saúde (Brasil, 1994), devem ser considerados 80 litros diários de água por pessoa, assim obteve-se um consumo diário na residência de 960 litros, e mensal de 28.800 litros, conforme descreve-se:

- Número de dormitórios: 04 (quatro) com área superior a 12,00m²
- População: 03 pessoas por dormitório
- População total: 12 pessoas
- Consumo *per capita*/dia: 80 litros
- Consumo total/dia: 960 litros
- Consumo mensal: 28.800 litros ou 28,8 m³

Na Tabela 05 apresenta-se o consumo por desagregação da água calculado por dia baseado na Tabela 3 apresentada Metodologia, a qual possui como referência Qasim, SyedR. (1994, *apud* Tomaz, 2005, p. 53).

Tabela 5 - Desagregação da água em uma residência

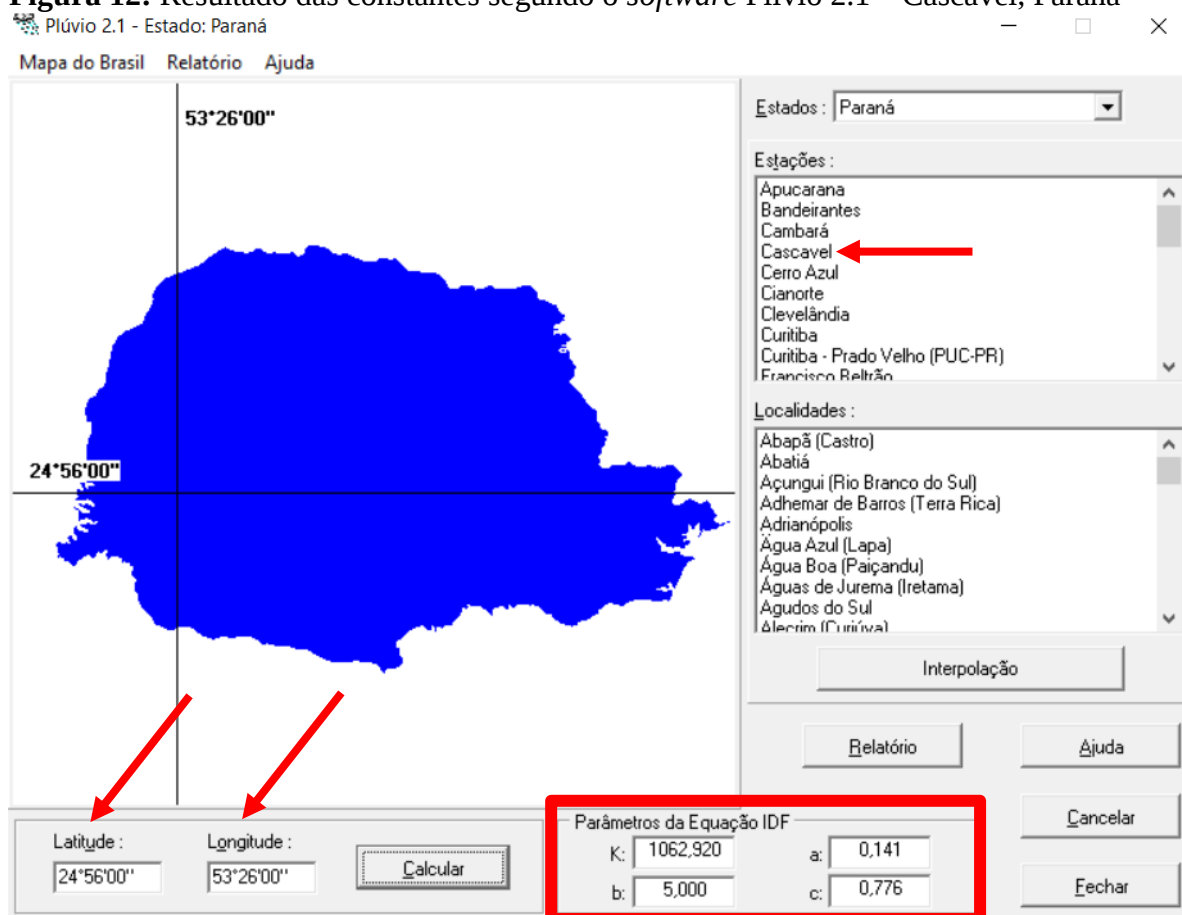
TIPOS DE USO DA ÁGUA	PORCENTAGEM (%)	CONSUMO DESAGREGADO RESIDÊNCIA / DIA (litros / dia)	CONSUMO DESAGREGADO RESIDÊNCIA / MÊS (litros / mês)
Descargas na bacia sanitária	41%	393,60	11.808
Banho e lavagem de roupas	37%	355,20	10.656
Cozinha	11%	105,60	3.168
Lavanderia	4%	38,40	1.152
Limpeza e arrumação geral	3%	28,80	864
Rega de Jardins	3%	28,80	864
Lavagem de carros	1%	9,60	288
TOTAL	100%	960 litros	28.800 litros ou 28,8 m³

Fonte: Autor (2018).

4.1.2 Dimensionamento do sistema de captação pluvial

Para o dimensionamento do sistema de captação pluvial, inicialmente obteve-se os valores dos coeficientes de ajustamento específicos das constantes “K”, “a”, “b”, “c” a partir do *software* Plúvio 2.1, com um erro médio percentual igual a 19,37%, aceitável em se tratando de chuvas intensas, conforme apresenta-se na Figura 12.

Figura 12: Resultado das constantes segundo o *software* Plúvio 2.1 – Cascavel, Paraná



Fonte: Universidade Federal de Viçosa (2018).

Os resultados das constantes “k”, “a”, “b” e “c”, obtidos através do *software* para a cidade de Cascavel, Paraná foram:

$$k = 1062,92;$$

$$a = 0,141;$$

$$b = 5;$$

$$c = 0,776$$

Em seguida, foram calculados os valores de precipitação onde foram considerados os tempos de retorno de 5, 10 e 50 anos com duração de 5, 10, 20 e 50 minutos, para o município

de Cascavel. Na Tabela 6 tem-se os resultados de precipitação, obtidos através da Equação 01, descrita na metodologia do Capítulo 03.

Tabela 6: Resultado da precipitação para 5, 10, 50 anos em 5, 10, 20 e 50 minutos.

Tempo (minutos)	I (mm/h) 5 anos	I (mm/h) 10 anos	I (mm/h) 50 anos
5	223,3857	246,3205 ¹	309,0689
10	163,0829	179,8265	225,6361
20	109,7119	120,9760	151,7938
50	109,7119	65,6114	82,3254

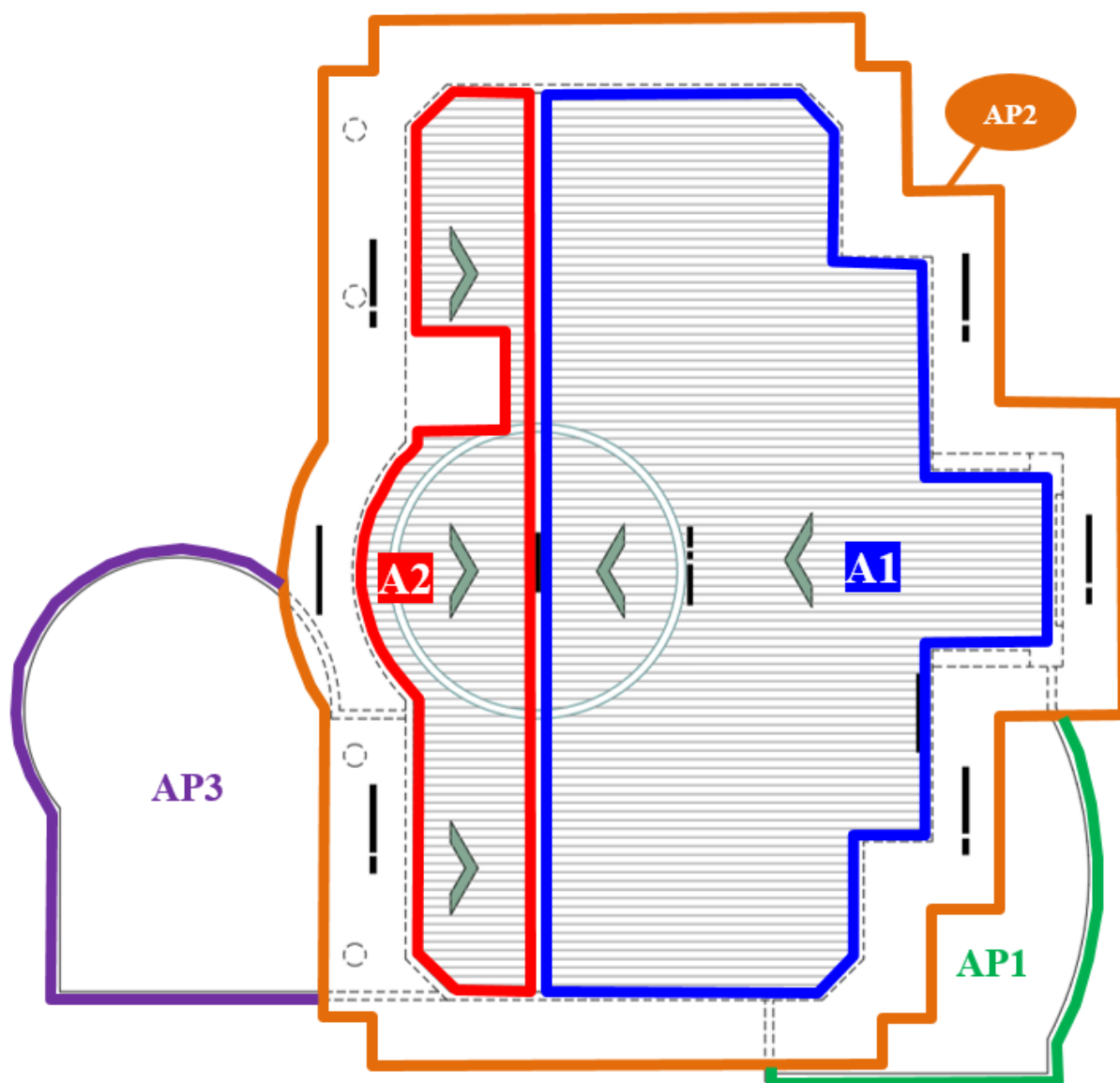
Fonte: Autor (2018).

Com as dimensões do telhado em projeto, calculou-se a área de contribuição, por meio do método de cálculo de superfície inclinada, conforme a equação da Figura 7, e para as lajes planas aplicou-se a equação ilustrada na Figura 8.

A planta de cobertura foi dividida em 2 águas inclinadas, as quais foram nominadas com a sigla A1 e A2, e três áreas de lajes planas denominadas AP1; AP2 e AP3, conforme ilustra-se na Figura 13.

¹ Valor utilizado conforme recomendação da NBR 5626 (ABNT, 1998) e adotado conforme características da cobertura.

Figura 13: Planta de cobertura



Fonte: Construtora (2018).

A Tabela 7 descreve o resultado das respectivas áreas de contribuição e vazão. A intensidade pluviométrica para base de dimensionamento considerada foi para um período de retorno de 5 anos, com uma duração de precipitação de 5 minutos, conforme indica a NBR 10844 (ABNT,1989), que trata sobre Instalações Prediais de águas Pluviais.

Tabela 7: Determinação das áreas de contribuição e vazão de projeto

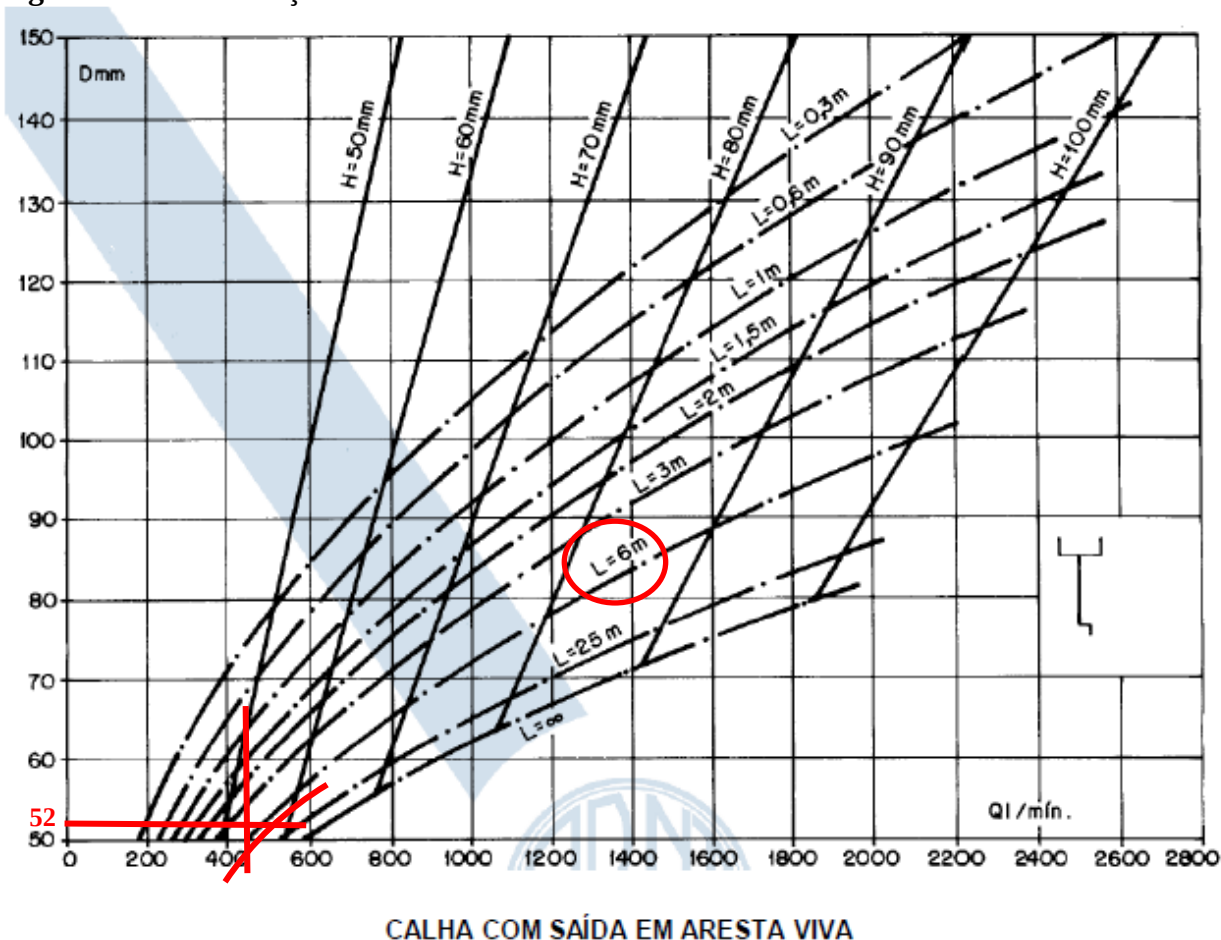
Telhado	Área de contribuição (m ²)	Intensidade pluviométrica (mm)	Vazão (L/min)
	A	I	Q
A1	117,00	246,32	435,61
A2	38,39	246,32	142,93
AP1	26,52	246,32	98,74
AP2	78,76	246,32	293,24
AP3	45,54	246,32	169,55

Fonte: Autor (2018).

Conforme projeto, a calha instalada faz a captação das águas dos telhados A1 e A2, onde somados apresentam uma vazão total de 578,54 L/min. Para dimensionamento da calha, foi aplicada a fórmula de Manning-Strickler (Equação 03), e da Tabela 04 da Metodologia, que apresenta a capacidades de calhas semicirculares, onde obteve-se o diâmetro da calha de 150mm, considerando uma inclinação de 2%.

Após o dimensionamento da calha, com o auxílio do ábaco de calha com saída em aresta viva, ilustrado na Figura 9, obteve-se o diâmetro dos condutores verticais. Levando em consideração o comprimento do condutor de 6,50 metros e que a maior vazão de projeto é de 435,61 L/min, obteve-se um diâmetro de aproximadamente 52 mm, conforme destacado na Figura 14, porém, adotou-se o diâmetro mínimo comercial para o condutor de 75 mm.

Figura 14: Determinação do diâmetro dos condutores verticais



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1998).

Os condutores horizontais foram dimensionados considerando a condução da vazão de água captada nos condutores verticais, até o reservatório. Na mudança de direção nas tubulações horizontais, utilizou-se a Caixa de Inspeção (CI) e antes dos condutores ligarem no reservatório foram colocados as Caixas de Areia (CAR) para filtrar partículas e elementos de sedimentação.

Determinados através da tabela apresentada na Figura 11 da Metodologia, os condutores horizontais em PVC, com rugosidade (n) 0,001 e inclinação de 1%, foram dimensionados com o diâmetro de 125 mm até o reservatório, conforme destacado na Figura 15.

Figura 15: Dimensionamento de condutores horizontais de seção circular**Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)**

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1998).

Concluindo o dimensionamento do sistema, verificou-se a necessidade da capacidade de reserva da cisterna, através do Método Prático Inglês, descrita na Equação 04 da metodologia e apresentada na NBR 15527 (ABNT, 2007). Para a área de projeção de cobertura de 294,29m² e precipitação de 246,32mm, o volume de água aproveitável resultante foi de 3.625 litros ou 3,6 m³, conforme descrito na Equação 06.

(06)

$$V = 0,05 \times P \times A$$

$$V = 0,05 \times 246,32 \times 294,29$$

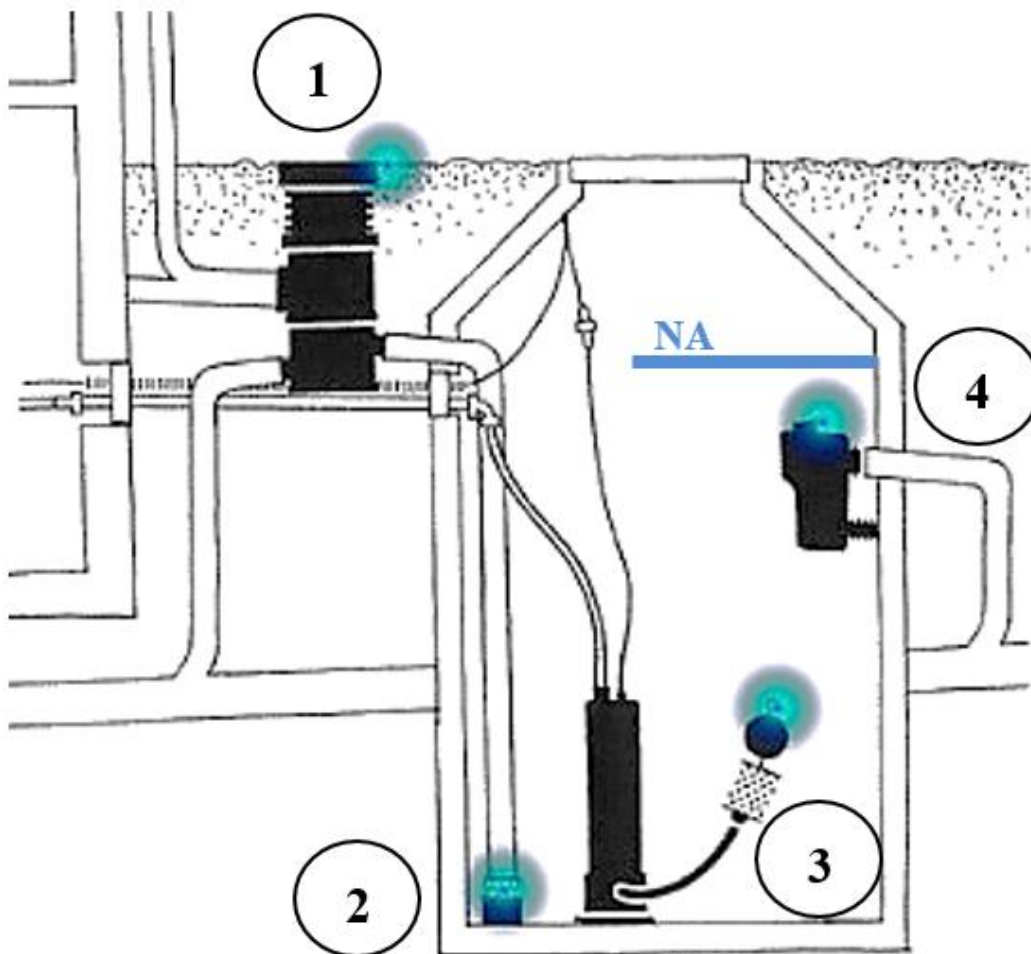
$$V = 3.625 \text{ litros ou } 3,6 \text{ m}^3$$

4.1.3 Caracterização do sistema de captação de água

A NBR 10844 (ABNT, 1989) trata das recomendações sobre as Instalações Prediais e fixa exigências e descrições indispensáveis aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando garantir condições aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, resistência e economia. Esta norma se aplica à drenagem de águas pluviais em coberturas e demais extensões associadas ao edifício.

Na aplicação da Norma verificou-se a necessidade de uma filtragem da água pluvial, para a retirada das impurezas, resíduos e dejetos de animais, aglomerados nas coberturas. O sistema (Figura 16) proposto possibilita uma captação e filtragem que ocorre em quatro etapas e asseguram a adequada qualidade da água — sem cheiro ou cor — em qualquer ocasião, dispensando a necessidade de intervenção diária dos usuários.

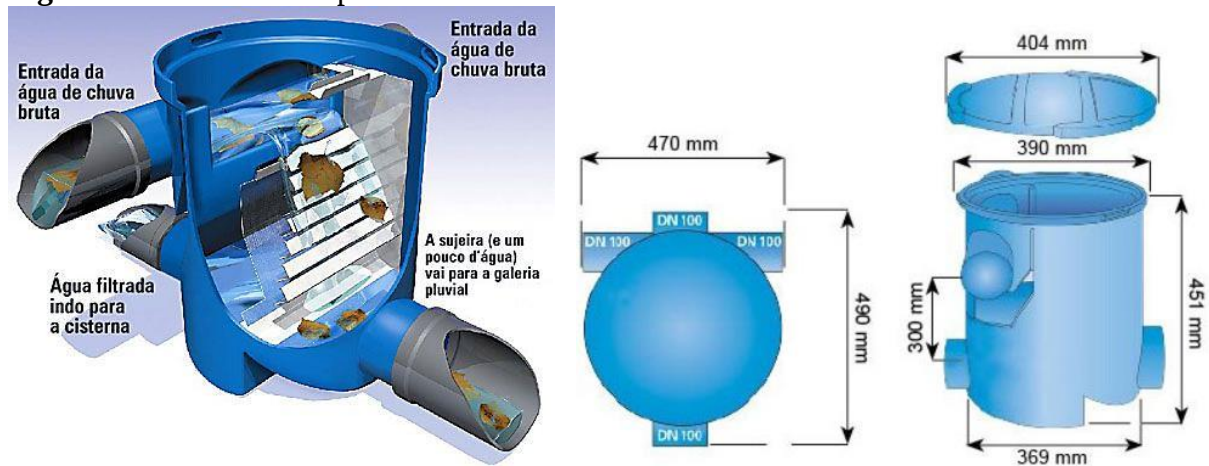
Figura 16: Cisterna com sistema de quatro estágio



Fonte: Aqua Stock (2018).

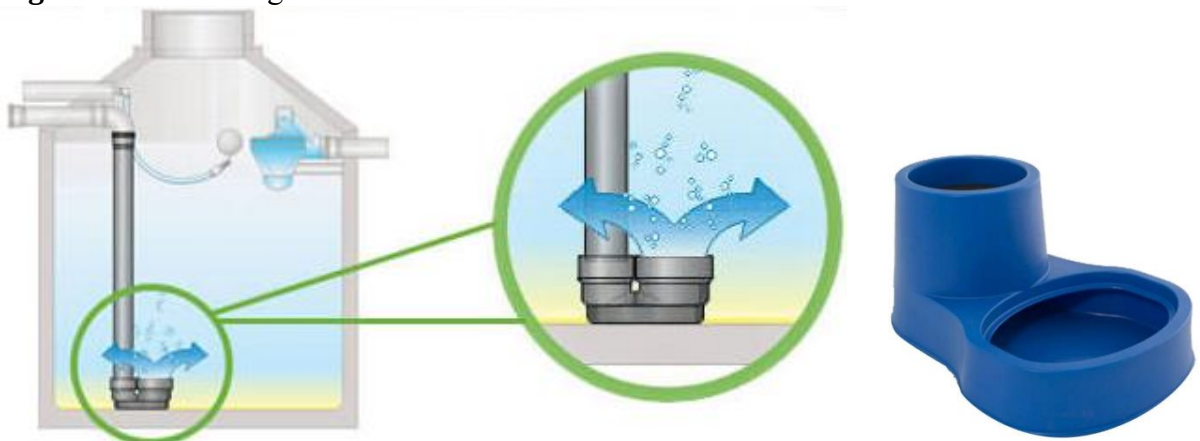
Os quatro estágios identificados na Figura, caracterizam-se por:

1. Antes de ser armazenada, a água é coletada através de um filtro fino autolimpante (Figura 17), que permite sua oxigenação e descarta folhas, detritos e partículas maiores;

Figura 17: Filtro autolimpante

Fonte: Aqua Stock (2018).

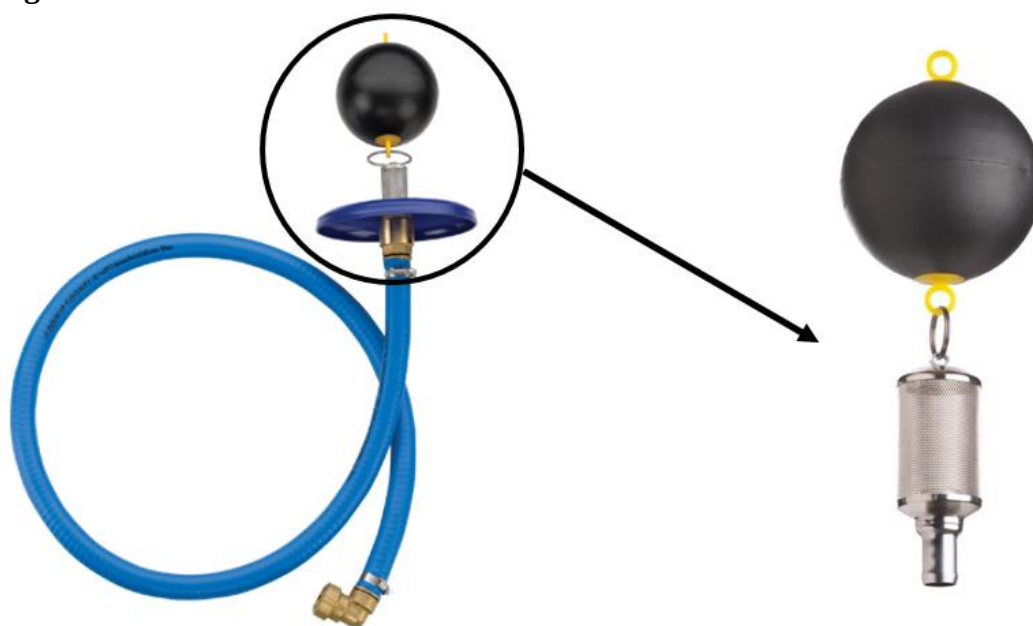
2. Consiste na sedimentação, onde o freio d'água (Figura 18) induz a sedimentação e oxigenação da água de forma que as partículas pesadas sejam depositadas no fundo, e as leves flutuam na superfície. E, decorrência da sedimentação das partículas pesadas (razão de 1 mm a 2 mm), no fundo da cisterna forma-se um biofilme benéfico para a água.

Figura 18: Freio d'água

Fonte: Water safety (2018).

3. O filtro flutuante (Figura 19) extrai para consumo a água logo abaixo do nível da superfície, sendo a mais limpa da cisterna.

Figura 19: Filtro flutuante



Fonte: Water safety (2018)

4. O ladrão da cisterna é desenhado para separar a água da superfície, removendo automaticamente as partículas leves acumuladas no nível da água quando o tanque extravasa.

4.1.4 Análise da viabilidade financeira: Custo de Implantação

Conforme exposto na metodologia, para levantamento dos custos para implantação do sistema (materiais, equipamentos, peças, etc.) e de instalação, utilizou-se a tabela SINAPI, referente ao mês de setembro de 2018 (CAIXA, 2018), onde todos os itens listados constavam na tabela de referência, não sendo necessário uma cotação de preço em fornecedores. A Tabela 08 apresenta o quantitativo, custos unitários e totais dos materiais, além do serviço para implantação, onde obteve-se um valor total de R\$ 9.130,50 (Nove mil cento e trinta reais e cinquenta centavos).

Tabela 8: Quantitativo e custo para implantação de cisterna

MATERIAL	QUANT.	UNID.	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Bocal PVC, para Calha Pluvial, Diam. entre 80 e 100 mm,	2	Unid.	15,81	31,62
Cabeceira para Calha Pluvial, Diam. entre 119 e 170 mm	4	Unid.	4,69	18,76
Caixa Fibra 10m ³	1	Unid.	2.500,00	2.500,00
Calha de PVC, Diam. entre 119 e 170 mm, Comp.:3 m	14,2	m	37,71	535,48
Cola PVC soldável	1	Unid.	3,59	3,59
Emenda para Calha Pluvial, PVC, Diam. entre 119 e 170 mm,	4	Unid.	9,43	37,72
Engate/Rabicho Flexível Plástico (PVC ou ABS) 1/2"x40 cm	1	Unid.	4,25	4,25
Filtro Flutuante 1,0"	1	Unid.	650,00	650,00
Filtro para água da chuva autolimpante	1	Unid.	55,00	55,00
Filtro WFF 100	1	Unid.	1.900,00	1.900,00
Freio d'água flexível 100 mm	1	Unid.	420,00	420,00
Joelho 90 PVC - Diam. entre 80 e 100 Mm	3	Unid.	6,44	19,32
Joelho 90 PVC, soldável, 25 mm	2	Unid.	0,63	1,26
Ladrão/Válvula Retenção 100 mm	1	Unid.	120,00	120,00
Luva PVC soldável, 25 mm	1	Unid.	0,50	0,50
Motobomba Syllent 3/4	1	Unid.	800,00	800,00
Parafuso de Aço Zincado com Rosca soberba, cabeça chata e fenda simples, Diam. 4,2 mm, Comp. 32 mm	24	Unid.	0,06	1,44
Pressostato Eletrônico	1	Unid.	300,00	300,00
Reservatório IBC 9300-CONT Polietileno 1000 Litros	2	Unid.	250,00	500,00
Suporte de PVC, Diam. entre 119 e 170 mm	12	Unid.	2,70	32,40
Suporte Filtro	1	Unid.		400,00
Tê 90 PVC Soldável - 75 mm	2	Unid.	42,14	84,28
Torneira Metal Padrão Popular, 1/2 " ou 3/4 "	1	Unid.	10,35	10,35
Torneira Plástica de Boia Convencional para Caixa de Água, 3/4 ", com haste Metálica e Balão Plástico	1	Unid.	17,90	17,90
Tubo PVC, soldável - Diam. 25 mm	2,1	m	2,35	4,94
Tubo PVC, soldável - Diam. 75 mm	11	m	19,93	219,23
Vedação em Borracha entre 119 e 170 mm	4	Unid.	0,37	1,48
Encanador com encargos complementares	18	h	14,99	269,82
Servente com encargos complementares	18	h	10,62	191,16
TOTAL				9.130,50

Fonte: Autor (2018).

4.1.5 Análise de viabilidade econômica

Considerando o consumo de água na residência calculado no item 4.1.1 deste capítulo, obteve-se um volume diário de 960 litros, considerando o consumo mês, obteve-se um volume total de 28.800 litros, ou 28,8 m³. Realizando a simulação no site da concessionária e ilustrado na Figura 20, obteve-se um gasto estimado de água e esgoto de R\$ 277,26 (Duzentos e setenta e sete reais e vinte e seis centavos), sendo o valor de R\$ 154,04 referente ao consumo de água e R\$ 123,22 correspondente ao esgoto, onde a concessionária considera um percentual de 80% do consumo de água, como referência ao cálculo da taxa de esgoto.

Figura 20: Simulação do consumo de água e esgoto mensal

SANEPAR
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ

TIPO DE LIGAÇÃO
☒ Água + Esgoto
☐ Água

TARIFA SOCIAL
☒ Não ☐ Sim

MICRO E PEQUENO COMÉRCIO
☒ Não ☐ Sim

SIMULADOR DE TARIFAS

LOCAL
 DEMAIS LOCALIDADES

RES: 001 COM: 000 IND: 000 UTR: 000 POP: 000

FAIXAS DE CONSUMO	VOLUME	VALOR m³/R\$		TOTAIS	
		ÁGUA	ESGOTO	ÁGUA	ESGOTO
Mínimo	5	34,58	27,66	34,58	27,66
de 6 a 10	5	1,07	4,28	5,35	4,28
de 11 a 15	5	5,96	23,84	29,80	23,84
de 16 a 20	5	5,99	23,96	29,95	23,96
de 21 a 30	9	6,04	43,48	54,36	43,48

CONSUMO/m³
29

	ÁGUA	ESGOTO	TOTAL
	154,04	123,22	277,26

Fonte: SANEPAR (2018).

Considerando a Tabela 5 do item 4.1.1 deste capítulo, onde Qasim, SyedR (1994, *apud* Tomaz, 2005) detalham o consumo de água por equipamento, ou fim. Assim, foi considerado apenas o reuso de água para fins não potáveis na edificação, sendo:

- Limpeza e arrumação geral: 3%;
- Rega de jardins: 3% e;
- Lavagem de carros: 1%.

Os consumos somados representam um percentual total de 7% do consumo total da residência, correspondendo a um volume mensal de 2,02 m³ do consumo total da residência que é de 28,8m³. Realizando a simulação através do site da concessionária, esse consumo representa uma despesa total mês de R\$ 62,24, sendo R\$ 34,58 referente as despesas de água, e R\$ 27,66, correspondente ao esgoto, conforme ilustra-se na Figura 21.

Figura 21: Simulação do consumo de água e esgoto para fins não potáveis

SANEPAR
COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ

TIPO DE LIGAÇÃO
☒ Água + Esgoto
☐ Água

TARIFA SOCIAL
☒ Não ☐ Sim

MICRO E PEQUENO COMÉRCIO
☒ Não ☐ Sim

SIMULADOR DE TARIFAS

LOCAL
 DE MAIS LOCALIDADES

RES 001 COM 000 IND 000 UTP 000 POP 000

FAIXAS DE CONSUMO	VOLUME	VALOR m³/R\$	TOTAIS	
		ÁGUA	ÁGUA	ESGOTO
Mínimo	5	34,58	34,58	27,66

CONSUMO/m³
2

	ÁGUA	ESGOTO	TOTAL
	34,58	27,66	62,24

Fonte: SANEPAR (2018).

Considerando a necessidade de manutenção e limpeza do sistema e da cisterna recomendada anualmente, e de acordo com referência de Tomaz (2010) estimada em 6% do custo investido, estimou-se um custo de R\$ 547,83, anualmente. E, considerando uma vida útil do sistema de 20 anos, tem-se uma estimativa de custo total com manutenção e limpeza de R\$ 10.956,60.

Aplicando a Equação 05 para cálculo do *Payback* descrita na metodologia, e considerando o custo de implantação, mão-de-obra e manutenção ao longo da vida útil do equipamento obteve-se um valor total de R\$ 20.087,10.

Conforme a economia anual de R\$ 746,88 no consumo de água para fins não potáveis, e no valor correspondente ao esgoto de 80% do consumo de água, obteve-se um período de retorno de 26 anos, 10 meses e 20 dias, conforme descrito na Equação 07.

(07)

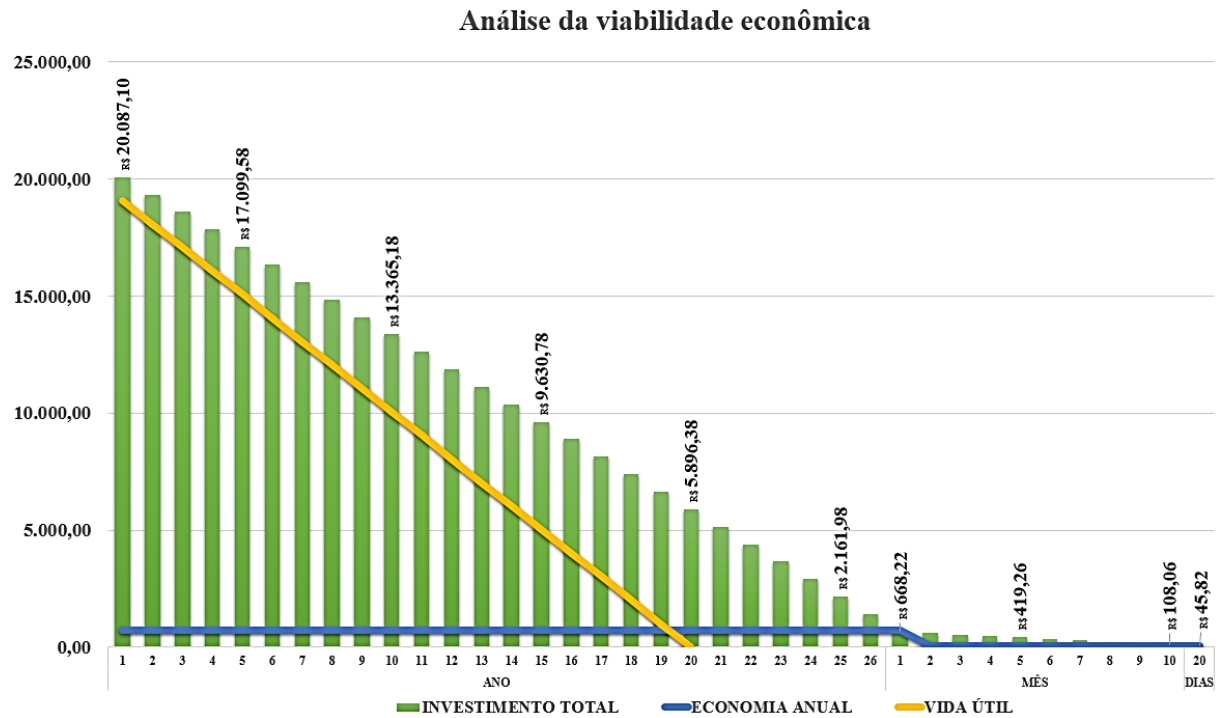
$$\text{Payback} = \frac{20.087,10}{746,88}$$

$$\text{Payback} = 26 \text{ anos, } 10 \text{ meses e } 20 \text{ dias}$$

4.1.6 Análise da viabilidade econômica e financeira

Ao longo da análise dos dados, pode-se verificar que o custo do material e mão-de-obra para implantação do sistema foi de R\$ 9.130,50, considerando o custo de manutenção anual, ao longo da vida útil de 20 anos, obteve-se um valor de R\$ 10.956,60, totalizando um valor R\$ 20.087,10.

O sistema apresentou uma economia anual de R\$ 746,88 no consumo de água e esgoto, onde calculou-se um período de 26 anos, 10 meses e 20 dias, para retorno do investimento. Por fim, pode-se concluir que o sistema é economicamente inviável considerando que a vida útil do equipamento que é de 20 anos e o período de retorno superior, conforme apresentado no gráfico da Figura 22.

Figura 22: Gráfico de viabilidade econômica

Fonte: Autor (2018).

O sistema apresentou-se inviável quando a reutilização foi na limpeza e arrumação geral (3%); rega de jardins (3%); e lavagem de carros (1%), totalizando 7% do consumo total mês na residência. Tal situação pode ser refutada, e sugere-se como trabalho futuro, se uma segunda análise for realizada, contemplando a reutilização da água para o sistema de descargas na bacia sanitária, o qual representa 41% do consumo de água total de uma residência por mês.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema da pesquisa foi motivado pela importância da preservação dos recursos naturais, como a água, abordada ao longo do trabalho, principalmente pela condição da exploração deste recurso no mercado da construção civil. O objetivo da pesquisa foi avaliar a viabilidade financeira e econômica para implantação de cisterna em uma residência de alto padrão, na cidade de Cascavel - PR.

No andamento da pesquisa, constatou-se a importância do uso racional da água, sendo a reutilização da água da chuva uma possibilidade em empreendimentos, perante o contexto da sustentabilidade, atualmente em pauta. A implantação de um sistema de reaproveitamento da água pluvial pode ser uma referência na divulgação do empreendimento e na busca da sustentabilidade nas edificações, o que é tendência no mercado da construção civil.

Assim, a pesquisa enfatizou a importância do reuso da água da pluvial que, além de contribuir para o sistema de drenagem urbana, é um recurso gratuito, que pode ser utilizado para fins não potáveis conforme abordado no estudo. A pesquisa além de avaliar a viabilidade da implantação de uma cisterna, possibilitou verificar a dificuldade para a adoção dessa técnica em decorrência do seu alto custo de implantação e manutenção.

Baseado na NBR 10844 (ABNT, 1989), que trata das instalações prediais e projetos de drenagem pluvial, adotou-se um sistema que garantisse as condições de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, resistência e economia. O sistema composto por quatro etapas possibilitou a captação e filtragem, assegurando a adequada qualidade da água, dispensando a necessidade de intervenção diária dos usuários.

Considerando o consumo mensal de água na residência, com um volume total de 28.800 litros, ou 28,8 m³ e, através da simulação no site da concessionária, obteve-se um custo estimado de água e esgoto de R\$ 277,26. O consumo de água para fins não potáveis apresentou um percentual total de 7% do consumo total da residência, correspondendo a um volume mensal de 2,02 m³. Através da simulação feita pelo site da concessionária, esse consumo representa uma despesa mensal de R\$ 62,24.

No levantamento dos custos para implantação do sistema obteve-se um valor total de R\$ 9.130,50. Já os custos de manutenção e limpeza anual do sistema, estimado em 6% do

custo total investido, foi de R\$ 547,83. Considerando a vida útil de 20 anos, obteve-se um valor de R\$ 10.956,60, totalizando R\$ 20.087,10 para instalação e manutenção.

Avaliando que a economia anual é de R\$ 746,88 no consumo de água e esgoto, calculou-se um período de 26 anos, 10 meses e 20 dias, para retorno do investimento. Assim, pode-se concluir que, o sistema é economicamente inviável, considerando que a vida útil do equipamento que é de 20 anos e o período de retorno superior.

A inviabilidade do sistema pode ser em decorrência do dimensionamento do reservatório para armazenamento de água da chuva, sendo que o fator que prevalece na equação é a demanda de água da edificação, o que resulta em reservatórios relativamente grandes e, consequentemente, de alto custo.

CAPITULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

É importante realizar estudos complementares, como a implantação de outros sistemas de captação e bombeamento, a reutilização da água nas descargas das bacias sanitárias, ou em edificações com características construtivas e padrões diferentes, a fim de verificar a viabilidade da implantação. Sugerindo também a análise em edificações com grandes áreas de coberturas, ou com maior demanda no consumo de água não potável.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Manual de Conservação e Reuso da água em Edificações**. FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; SINDUSCON-SP, Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. São Paulo, 2005.

AQUA STOCK. **Tecnologia para aproveitamento de água de chuva**. Disponível em: <<http://http://aquastock.com.br/port/~/qualidade>> Acesso em: 20 out. 2018

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

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

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

BRASIL. **Manual de Saneamento**. FUNASA-DEOPE: Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Coordenação de Saneamento. Brasília, 1994

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Setembro, 2018. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 25 out. 2018

CAMARGO, R. F. **Estudo de Viabilidade Econômica e Financeira de projetos: como a Análise de Viabilidade Econômica e Financeira contribui para manter as surpresas longe de seu negócio**. 2017. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/estudo-de-viabilidade-economica-e-financeira-de-projetos/>> Acesso em 23 out. 2018.

COIMBRA, R.; ROCHA, C. L.; BEEKMAN, G. B. **Recursos Hídricos: conceitos, desafios e capacitação**. Brasília, DF: ANEEL, 1999.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013.

CUNHA, A. H. N. **O reuso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, Vol.7, N.13; 2011 Pág. 1225 a 1248. Disponível em <<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencia%20ambientais/o%20reuso.pdf>> Acesso:15 mar. 2018.

ECYCLE. **Sistema de captação de água de chuva prático, bonito e econômico**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/4200-sisterna-ou-cisterna-agua-cisternas>> Acesso:15 mar. 2018

EFFTING, T. R. **Educação ambiental nas escolas públicas: realidade e desafios.** Monografia de Pós-graduação em Planejamento para o desenvolvimento sustentável: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2007.

FERNANDES, D. R. M. MEDEIROS NETO, V. B. MATTOS, K. M. C. **Viabilidade Econômica do Uso da Água da Chuva: um Estudo de Caso da Implantação de Cisterna Na UFRN/RN.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR. 09 a 11 de outubro de 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650479_0552.pdf> Acesso em: 25 out. 2018

FERREIRA, A. D. D. **Habitação autossuficiente:** Interligação e integração de sistemas alternativos. 1º Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

GEOPORTAL CASCAVEL. **Mapa do município de Cascavel.** Disponível em: <<http://geocascavel.cascavel.pr.gov.br/geo-view/index.ctm>> Acesso em: 01 nov. 2018

GRINGS, V. H.; OLIVEIRA, P. A. V. de. **Cisternas para armazenagem para água da chuva.** [S.I.], 2005

HENDGES, A. S. **A Crise da Água e o Rio Grande do Sul.** Portal Ecodebate. Mangaratiba, 2015. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2015/02/24/a-crise-da-agua-e-o-rio-grande-do-sul-artigo-de-antonio-silvio-hendges/>>. Acesso em: 17 mar. 2018.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Microrregiões Geográficas (IBGE) – Paraná.** Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=25> Acesso em: 20 de out. 2018

MARANHÃO, F. **É possível viver com 110 litros de água por dia?** UOL, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/02/05e-possivel-viver-com-110-litros-de-agua-por-dia-veja-como-seria-a-sua-vida.htm>> Acesso em 16 mar. 2018.

MIELI, J. C. A. **Reuso da Água Domiciliar.** Niterói, 2001

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: uso racional e reuso.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

OLIVEIRA, P.A.V.; MATTHIENSEN, A.; ALBINO, J. J.; BASSI, L. J.; GRINGS, V. H.; BALDI, P. C. **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012.

REBOUÇAS, A. C. **Água doce no mundo e no Brasil.** In.: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (ORG) Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3. Ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 61-35.

REIS E SILVA, D. F. **Aproveitamento de Água de Chuva através de um Sistema de Coleta com Cobertura Verde: Avaliação da Qualidade da Água Drenada e Potencial de Economia de Água Potável.** Monografia de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Simulador de tarifas.** Disponível em: <<http://atvn.sanepar.com.br/simuladorconta>> Acesso em: 25 out. 2018

SILVA, L. D. B; CARVALHO, D. F. **Apostila do Curso de Hidrologia.** Universidade Federal do Rio de Janeiro: Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, 2006

SZÖLLÖSI-NAGY, A. **O Correio da UNESCO**, 1. Ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, ano 21, nº 07, p. 44, julho de 1993. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0009/000942/094277eo.pdf#94271>> Acesso em 18 mar. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** 2. Ed. São Paulo: Navegar Editora, 2005.

TOMAZ, P. **Custos dos reservatórios - Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas par fins não potáveis.** 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo08.pdf> Acesso em: 25 out. 2018

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH). **Software Plúvio 2.1.** Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/index.php>> Acesso em: 20 out. 2018

WATER SAFETY. **Filtro interno de cisterna.** Disponível em: <<http://watersafety.com.br/case/filtro-interno-de-cisterna/>> Acesso em: 20 out. 2018