

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

LUCAS ANDREOLA LUZA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO EM
RESIDÊNCIA NA CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO - PR**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2015

LUCAS ANDREOLA LUZA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO EM
RESIDÊNCIA NA CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO - PR**

Monografia de especialização apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Curitiba, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis.

Orientador: Prof. PhD Eloy Fassi Casagrande Junior.

Co-Orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki.

CURITIBA

2015

LUCAS ANDREOLA LUZA

***APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO DE CASO
EM RESIDÊNCIA NA CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO - PR***

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Construções Sustentáveis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador (a):

Prof. PhD. Eloy Fassi Casagrande Junior.

Professor do IV CECONS, UTFPR

Co-orientador (a):

Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki

Professor do COENQ, UTFPR

Banca:

Profa. Dra Libia Patricia Peralta Agudelo

Professor do IV CECONS, UTFPR

Prof. Dr. André Nagalli

Professor do IV CECONS, UTFPR

CURITIBA

2015

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

LUZA, Lucas Andreola. Aproveitamento de águas pluviais: estudo de caso em residência na cidade de Francisco Beltrão – PR. 2015. 57 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2015.

A água tem sido tema de diversas discussões envolvendo a sustentabilidade do planeta como um todo, essa preocupação vem do fato da água ser elemento fundamental em diversas atividades realizadas pelo homem e fundamental para a manutenção no equilíbrio ambiental. Esse fato demonstra a necessidade e importância de se conhecerem meios que contribuam para um controle mais eficiente da água, reduzindo seu consumo e potencializando os usos do recurso disponível. No setor da construção civil os debates buscam, além do estudo em cima de sistemas construtivos que demandem menos consumo de água, estudos que buscam implantar metodologias visando a implantação de sistemas de captação de águas pluviais propondo-se a utilização da mesma como forma de substituição do recurso potável nas atividades as quais ela se adaptar. Dentro deste contexto que baseia-se o desenvolvimento deste trabalho, revelando a importância do cuidado com a água, trazendo as potencialidades de uso do recurso oriundo das chuvas, demonstrando a aplicação do sistema, de forma simulada em residência modelo na cidade de Francisco Beltrão – PR, utilizando os métodos recomendados pela norma NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, fazendo um comparativo com a Lei nº 3185/2005 – Francisco Beltrão. No trabalho evidenciou-se as diferentes metodologias aplicadas pelos métodos de dimensionamento de reservatório apresentados pela norma, notou-se que alguns métodos apresentaram valores que excedem os parâmetros da legislação municipal, e apontou os métodos prático alemão e australiano como boas opções de métodos a serem aplicados, isto considerando a análise específica do estudo. Essas considerações enfatizaram a responsabilidade dos profissionais envolvidos com o assunto para que a aplicação prática tenha o real sentido e efeito. Levantou-se a preocupação quanto ao impacto que a água reservada nos reservatórios teria no ciclo hidrológico, sugerindo para trabalhos futuros a abordagem quanto a interferência das chuvas no nível hídrico dos rios que permitiria uma segurança e credibilidade para que as políticas de aproveitamento de águas pluviais fossem desenvolvidas garantindo-se a sustentabilidade plena.

Palavras-chave: Água de chuva. Aproveitamento de águas pluviais. Dimensionamento de reservatórios.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Disponibilidade de Água Doce	12
Figura 2 - Percentuais de Uso de Água	13
Figura 3 - Demonstrativo de Consumo de Água no Brasil	15
Figura 4 - Ciclo Hidrológico	16
Figura 5 - Precipitações no Brasil do Ano 1961 à 2007	18
Figura 6 - Mapa de Vulnerabilidade dos Rios do Paraná	20
Figura 7 - Fatores Determinantes da Vulnerabilidade	21
Figura 8 - Distribuição de Consumo de Água.....	22
Figura 9 - Localização de Francisco Beltrão	32
Figura 10 - Vulnerabilidade do Rio Marrecas	34
Figura 11 - Situação da Cidade na Ocorrência de Uma Inundação	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de Qualidade de Água de Chuva Para Usos Restritivos Não Potáveis.....	24
Tabela 2 - Frequência de Manutenção.....	27
Tabela 3 - Coeficientes de Runoff.....	28
Tabela 4 - Histórico de ocorrências na cidade de Francisco Beltrão – Pr.....	34
Tabela 5 - Dados Pluviométricos da Cidade de Francisco Beltrão 2009 à 2013.....	38
Tabela 6 - Simulação do Método de Rippl.....	40
Tabela 7 – Aplicação do Método da Simulação.....	41
Tabela 8 - Simulação do Método Azevedo Neto.....	42
Tabela 9 - Simulação do Método Prático Alemão.....	43
Tabela 10 - Simulação do Método Prático Inglês.....	43
Tabela 11 - Simulação do Método Prático Australiano.....	44
Tabela 12 - Demonstrativo dos Resultados Encontrados.....	46
Tabela 13 - Resultados para Simulações 75% e 50% da Área de Captação.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos Específicos	10
2 ÁGUA E SUSTENTABILIDADE	11
2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	11
2.2 CONSUMO DE ÁGUA.....	13
2.3 CICLO HIDROLÓGICO	16
2.3.1 Chuvas	16
2.3.2 Eventos Climáticos	19
3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS	22
3.1 QUALIDADE E USOS RESTRITIVOS PARA ÁGUA DA CHUVA	23
3.2 MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	26
3.3 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS	27
3.3.1 Método de Rippl	28
3.3.2 Método da Simulação.....	29
3.3.3 Método Azevedo Neto	29
3.3.4 Método Prático Alemão	30
3.3.5 Método Prático Inglês.....	30
3.3.6 Método Prático Australiano	30
4 FRANCISCO BELTRÃO	32
4.2 HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS	33
4.3 HISTÓRICO DE ENCHENTES	33
4.3 LEI N° 3185 / 2005 FRANCISCO BELTRÃO - PR	36
5 METODOLOGIA	37
5.1 DEMANDA DE ÁGUA DE CHUVA.....	37
5.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	38
5.3 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO.....	39
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
6.1 SIMULAÇÃO DOS MÉTODOS	40
6.1.1 Método De Rippl.....	40
6.1.2 Método Da Simulação	41
6.1.3 Método Azevedo Neto	42

6.1.4 Método Prático Alemão	43
6.1.5 Método Prático Inglês.....	43
6.1.6 Método Prático Australiano	44
6.2 DISCUSSÃO DOS MÉTODOS VERSUS LEGISLAÇÃO MUNICIPAL.....	45
6.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS VERSUS SUSTENTABILIDADE	48
7 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXO A – Planta baixa da residência em estudo, área total 142 m².	55
ANEXO B – LEI n° 3.185/2005 – Francisco Beltrão	56

1 INTRODUÇÃO

“A água é o elemento da natureza que melhor expressa os impactos do clima, quer seja por secas extremas ou grandes enchentes, e evidencia como estamos sendo, todos, diretamente afetados. Viva em uma grande metrópole ou no campo, os impactos do desmatamento e da poluição nos atingem diariamente e podem ser sentidos nas coisas mais corriqueiras do cotidiano, desde a falta d'água ao preço dos alimentos ou de contas como de água e luz” (MANTOVANI, 2015).

Há milhares de anos sabe-se a importância e a necessidade que a água tem para manutenção da vida. Mas também há anos sabe-se que em virtude das ações do homem e da falta de zelo pelo bem tão precioso algumas regiões já passam por momentos de escassez deste recurso, como o nordeste brasileiro. E hoje este fato já ocorre, ou está num horizonte próximo, em regiões antes pouco ameaçadas por serem conhecidas como locais de abundância hídrica, como as regiões sudeste e sul.

Entretanto mesmo que o volume de habitantes afetados pela falta do recurso tenha aumentado significativamente, as ações para solucionar este problema estão longe de surtirem efeitos. Divulgações de matérias quanto as boas práticas a serem levadas em conta para a utilização mais consciente do recurso não conseguem impactar a sociedade na busca sequer pela redução do consumo. Continua-se agindo da mesma maneira e desperdiçando a água sob o respaldo de um conceito defasado de que o Brasil se trata de um país com vasta disponibilidade hídrica.

Utiliza-se a água para diversas atividades cotidianas, em algumas delas a necessidade da mesma nem se faria necessária, caso de limpezas de calçadas que poderiam somente utilizar uma vassoura. Em outras atividades a água utilizada em questão nem necessitaria de um grau tão elevado de qualidade, como para a rega de jardins, lavagem de carros, uso nas bacias sanitárias e tantos outros nos quais geralmente são utilizados água potável.

Porém no contexto das cidades, não somente a falta de água para o abastecimento mas também o excesso de água tem causado problemas para a população em muitas ocasiões. Este excesso, oriundo de grandes volumes de precipitações em períodos curtos fazem com que cidades com um sistema de drenagem urbana deficitário sejam assolados por eventos como enchentes e inundações.

Nesses momentos de caos as cobranças recaem sobre os órgãos públicos e empresas responsáveis, sejam de serviços de abastecimento de água ou medidas para a contenção de enchentes, quando na realidade a responsabilidade é de todos, como trata a Lei n° 9433:

“Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I – a água é um bem de domínio público;

...

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades” (ABNT, 1997).

A disponibilidade de água no planeta se dá por diferentes meios, geleiras, água do mar, rios, mananciais, mas uma forma possui uma peculiaridade que a destaca. A água proveniente da chuva se dá em todo o território brasileiro, com maior ou menor incidência dependendo da região, mas está disponível e poderia ser utilizada para a realização de muitas tarefas do dia a dia, porém costumeiramente, tão logo ocorre a precipitação, vem-se o anseio de vê-lo partir o mais rápido possível, evitando-se assim a ocorrência de enchentes.

Fato que decorre destes episódios que vem ocorrendo no país, por mais que ainda não tenham sido suficientes para que a maioria das pessoas repensasse o consumo de água e para que o governo apresentasse soluções que a anos são esperadas, uma parcela da população teve que recorrer a outros meios de abastecimento e a água da chuva apareceu nessas alternativas (HIROTA, 2014).

Na busca pela propagação de práticas, que induzam a uma atuação racional sobre o recurso água, que surgiram as normas técnicas que tratam sobre o assunto e também de onde são criadas legislações específicas que tratam da instalação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva.

A cidade de Francisco Beltrão – PR entra na discussão sobre o tema do aproveitamento de água de chuva, como prevenção para que futuramente não passe pela escassez do recurso, mas em especial como meio de redução dos impactos causados pelas grandes precipitações. Nesse contexto que foi criada a Lei n° 3185 / 2005 – Francisco Beltrão que regulamenta a obrigatoriedade da captação e uso da água pluvial nas edificações.

1.1OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Contribuir para o aproveitamento de águas pluviais na cidade de Francisco Beltrão - PR através da simulação de métodos de dimensionamento de reservatórios em um modelo de residência.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a - Levantar estimativa de demanda do local em estudo;
- b - Apresentar dados pluviométricos da cidade;
- c - Analisar métodos de dimensionamento de reservatórios para águas pluviais;
- d - Discutir a contribuição do sistema de aproveitamento de águas pluviais sobre os conceitos da sustentabilidade.

2 ÁGUA E SUSTENTABILIDADE

“A água está no centro do desenvolvimento sustentável. Os recursos hídricos, e a gama de serviços providos por esses recursos, contribuem para a redução da pobreza, para o crescimento econômico e para a sustentabilidade ambiental. Desde a segurança alimentar e energética até a saúde humana e ambiental, a água contribui para as melhorias no bem-estar social e no crescimento inclusivo, afetando os meios de subsistência de bilhões de pessoas” (World Water Assessment Programme, 2015, p.2).

O número expressivo de usuários da água se deve, segundo Rodriguez (2005) ao fato deste recurso ser utilizado desde meio de locomoção para a navegação fluvial até como componente para experimentos químicos. O mesmo autor ainda relata as quatro atividades antropogênicas que mais demandam água, que são: a produção de energia hidroelétrica, a irrigação agrícola, o consumo urbano e a produção industrial não urbana. Sendo que em cada processo ao menos uma característica da água é afetada, restringindo o seu uso posterior.

Devido a toda essa busca pelo uso de um único recurso é natural que o mesmo vem ganhando, gradativamente, o título de recurso escasso numa abordagem mundial. E em virtude dessas inúmeras atividades dependentes da água alterarem algumas de suas características, ele recebe esse título não somente pela escassez no sentido de quantidade disponível mas também em virtude da sua qualidade (STUDART, 2005).

2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

O planeta Terra é formado em sua grande maioria por água, seja ela doce ou salgada, deste total aponta-se que menos de 3% é água doce, desta quantidade 2,5% encontram-se nas geleiras localizadas nos polos e somente 0,5% representa a água doce disponível aos seres humanos e também para a manutenção dos ecossistemas, conforme World Business Council For Sustainable Development (2005) apresenta na Figura 1:

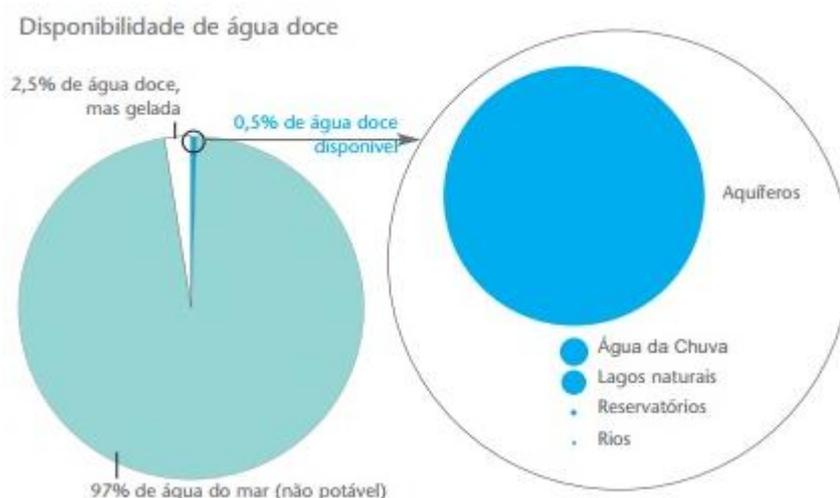


Figura 1 – Disponibilidade de Água Doce

Fonte: (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2005)

Ainda sobre esse percentual de 0,5% nota-se a enorme quantidade de água presente nos aquíferos, na sequência água da chuva e lagos naturais com pouca relevância e por último, em quantidades ainda menos representativas a água contida em reservatórios feitos pelo homem e contida nos rios.

A mesma publicação atenta para o fato da distribuição de água não ser uniforme, no que diz respeito às questões geográficas. 60% da água doce disponível está presente em apenas 9 países, sendo eles: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e a República Democrática do Congo.

A Companhia De Saneamento Básico Do Estado De São Paulo (2015) expõe que o Brasil possui em seu território 13,7% da água doce do mundo, muito desse percentual, quase 80% se encontram nos rios da Amazônia e São Paulo consta com apenas 1,6% do recurso. O que nos faz refletir quanto ao fato de o recurso muitas vezes não estar disponível no tempo e no espaço em que ele é necessitado.

A World Water Assessment Programme (2015) ainda lembra que fatores como a poluição decorrente do não tratamento de efluentes domésticos e industriais, somados ao escoamento superficial em áreas agrícolas, resultam em um enfraquecimento da capacidade dos ecossistemas, o que muitas vezes

reduz a disponibilidade de um recurso de qualidade condizente a sua necessidade.

2.2 CONSUMO DE ÁGUA

Das diversas atividades que utilizam a água, especialistas fazem estudos relacionados a três setores de consumo, são elas: uso doméstico, industrial e relacionado à agricultura. O Circle Of Blue (2009) traz um levantamento em que são apontados os percentuais de consumo em diferentes países, apontados na Figura 2. Na análise podem ser verificados duas tendências, onde países já desenvolvidos como os EUA, Canadá, Rússia e o Reino Unido a maior parcela de consumo está presente no setor industrial, enquanto a China e a Índia, que em 2009 ainda despontavam para serem as economias que são hoje, juntamente com o México apresentam parcelas mais significativas de consumo no setor agrícola.

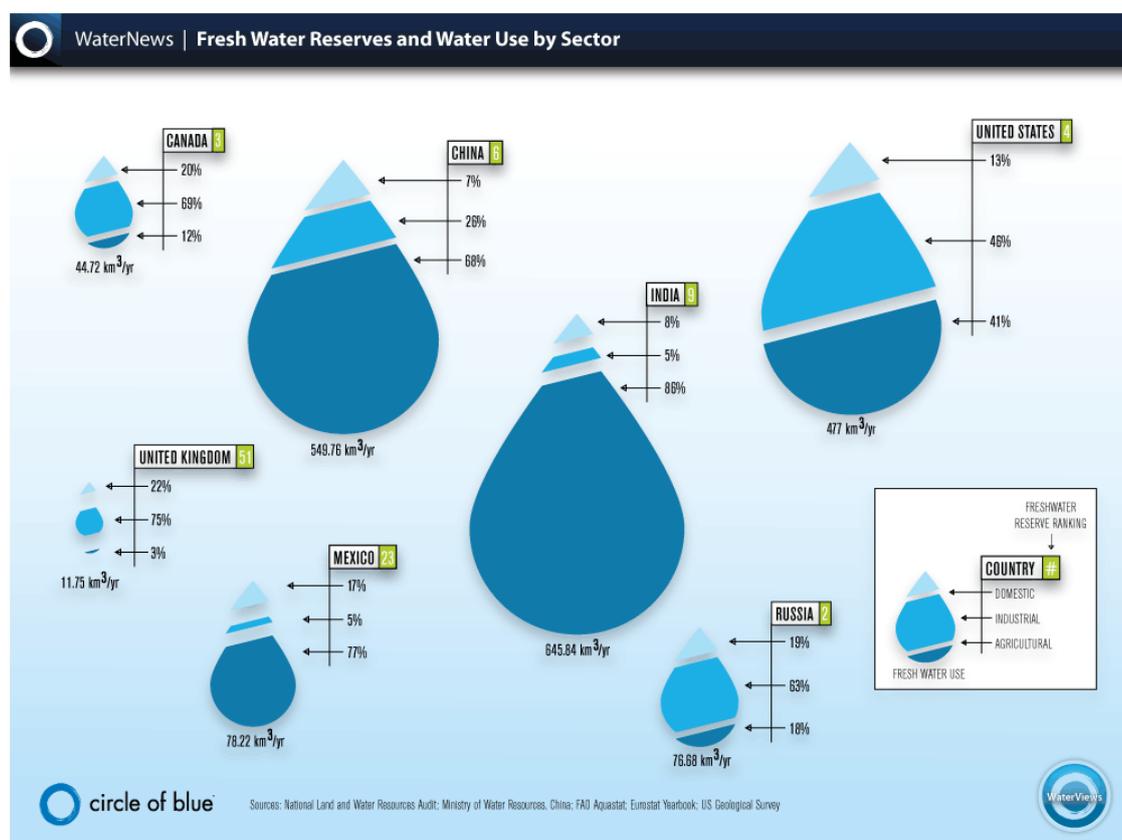


Figura 2 – Percentuais de Uso de Água

Fonte: (CIRCLE OF BLUE, 2009)

No ano de 2050 a World Water Assessment Programme (2015) prevê que a demanda hídrica mundial irá aumentar em 55%, muito puxada pela crescente demanda de usuários domésticos, que acarretam também em mais demanda pelos setores das indústrias e por consequência de setores de geração de energia.

Esse aumento na demanda, segundo a mesma World Water Assessment Programme (2015), cria um impasse nas decisões acerca do uso de água, fazendo com que setores sensíveis para o desenvolvimento, como o de produção de alimentos e geração de energia, tenham que concorrer pelo recurso. E essa concorrência traz consigo as desigualdades no acesso aos serviços que atenuam os riscos de conflitos, que irão impactar sobre as economias locais e afetar o bem estar humano.

A World Business Council For Sustainable Development (2005) lembra o fato de que a população mundial, no ano 2000, era de 6,2 bilhões de pessoas e no ano de 2050 estima-se um acréscimo de 3 bilhões de habitantes, onde boa parte estaria vivendo em países em desenvolvimento, os quais já sentem problemas relacionados ao stress hídrico.

Esse stress hídrico, oriundo da falta de acesso à água e ao saneamento em áreas urbanas, como cita a World Water Assessment Programme (2015), tem relação com o rápido crescimento populacional em favelas, que são característicos em países em desenvolvimento e com políticas locais e nacionais deficitárias no que diz respeito ao fornecimento de água potável e instalações sanitárias.

A mesma instituição nos apresenta dados que até o ano de 2020, estima-se que aproximadamente 900 milhões de habitantes estarão morando em habitações aglomeradas irregulares. E lembra que esse tipo de edificação ainda são mais sensíveis a eventos climáticos extremos.

Os usos da água em diversas atividades levaram a uma divisão entre usos consuntivos e não consuntivos. Conforme explica o Ministério Do Meio Ambiente (2006) os usos não consuntivos são oriundos de atividades que não afetam a disponibilidade quantitativa da água, mas que podem afetar a qualidade e interferir no regime de vazões dos mananciais, ou seja, atividades relativas a hidroeletricidade, navegação, recreação e lazer, piscicultura e aquicultura; já os usos consuntivos relacionam-se aos usos urbanos

(domésticos e públicos), rural (comunidades), agropecuário (irrigação e animal) e industrial.

A Agência Nacional Das Águas (2013) apresentou um levantamento comparativo entre os anos de 2006 e 2010, demonstrado pela Figura 3, onde são expressos os valores totais retirados de água, em paralelo com as quantidades realmente consumidas do recurso, em cada gráfico também são expressas a destinação ao qual o recurso foi utilizado.

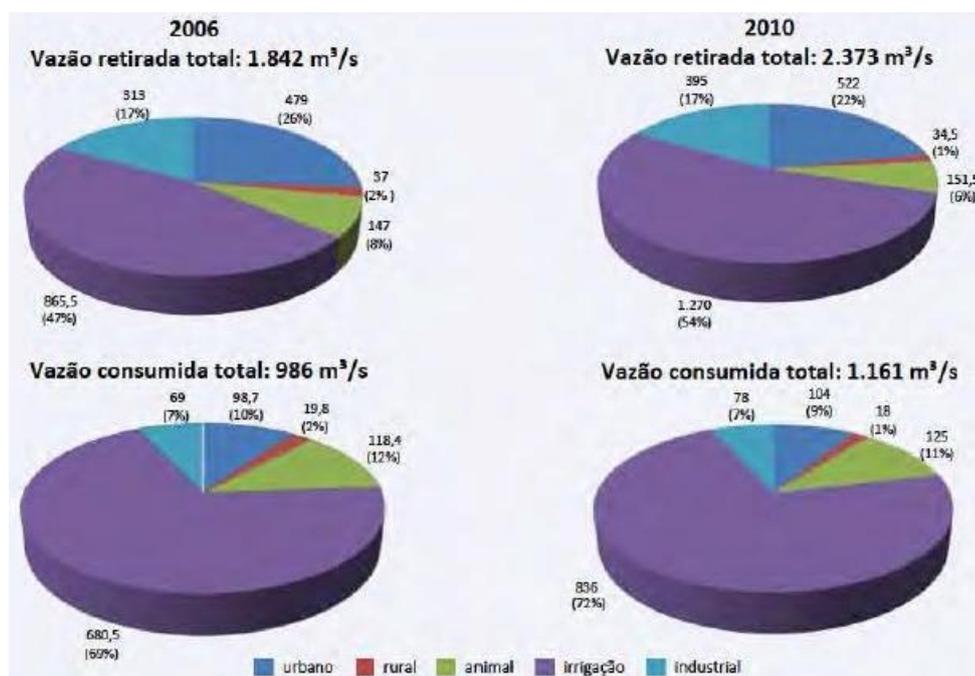


Figura 3 – Demonstrativo de Consumo de Água no Brasil

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2013, p.90)

No estudo, nota-se a grande parcela de contribuição que a irrigação possui no uso do recurso em níveis nacionais, inclusive sendo o grande responsável para o aumento das vazões tanto na análise de retirada total, onde os valores da irrigação pulam de 865,5 m³/s no ano de 2006 para 1.270 m³/s no ano de 2010, como nos valores de vazão consumida, quando passa de 680,5 m³/s no ano de 2006 para 836 m³/s no ano de 2010.

2.3 CICLHO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico caracteriza-se, segundo Carvalho e Silva (2006), por um fenômeno global de circulação de água entre a superfície terrestre e a atmosfera, movimento este estimulado pela associação entre a energia solar, a gravidade e a rotação terrestre, conforme mostra a Figura 4.

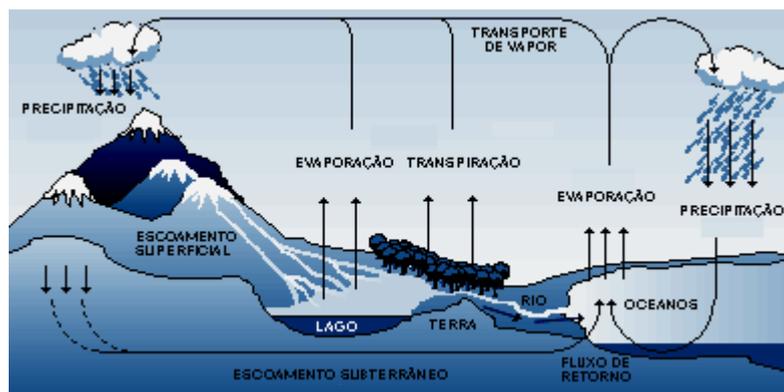


Figura 4 – Ciclo Hidrológico

Fonte: (ACQUASOLO, 2015)

Os volumes e a velocidade de água que circula entre as fases do ciclo hidrológico sofrem influência de fatores como a cobertura vegetal, altitude, topografia, temperatura, tipo de solo e geologia (CARVALHO; SILVA, 2006).

A Câmara Dos Deputados (1995) faz uma ressalva de que o ciclo hidrológico de água doce inclui também as enchentes e as secas, que são mais sentidas em algumas regiões. Outras condições que podem impactar sobre os recursos de água são as mudanças climáticas e a poluição atmosférica, que podem inclusive elevar o nível do mar, ameaçando assim áreas costeiras de baixa altitude e ecossistemas de pequenas ilhas.

2.3.1 Chuvas

Miranda (2015) define chuva como uma consequência da excessiva evapotranspiração sobre superfícies quentes e úmidas, originária do vapor de água atmosférico que se acumula e precipita em estado líquido sobre a superfície terrestre, cuja formação do fenômeno está associada pela ascensão das massas de ar quente e úmidas e a formação de nuvens

Em algumas áreas, o regime pluviométrico pode ser amplamente modificado pela influência de orografia, brisas marítima e terrestre, ilhas de calor, efeitos da urbanização e circulações locais do vento (CALVETTI et al., 2015)

Na natureza existem três tipos de chuvas, conforme nos mostra Miranda (2015):

a - Chuvas Convectivas – São chuvas formadas pela ascensão das massas de ar quente da superfície, carregadas de vapor d'água. Ao subir, o ar sofre resfriamento provocando a condensação do vapor de água presente e o acúmulo desta implica na precipitação. São características deste tipo de precipitação as chuvas de curta duração, alta intensidade, trovoadas, rajadas de ventos e pela sua abrangência em pequenas áreas;

b - Chuvas Orográficas – São chuvas que se originam da passagem de uma massa de ar quente e úmido por uma cadeia de montanhas, provocando a ascensão forçada do ar, que gradativamente se esfria provocando a condensação do vapor de água e conseqüentemente a formação de nuvens que se precipitam. Caracterizam-se pela sua longa duração e baixa intensidade e por não apresentarem qualquer tipo de descarga elétrica;

c - Chuvas Frontais – São originárias do encontro de massas de ar termicamente contrárias. Ou seja, são chuvas que ocorrem ao longo da linha de descontinuidade, separando uma massa de ar de características diferentes. Ou seja, quando uma massa de ar quente e úmida, estacionária, ou oriunda do quadrante norte encontra com uma massa de ar frio, oriunda do quadrante sul. A frente fria, mais densa, entra por baixo, levando para cima a massa de ar quente. Quando esta massa de ar quente possui elevada umidade relativa, a chuva é iminente. É uma chuva de menor intensidade, com pingos menores, e de longa duração. Sua ocorrência perdura por vários dias, apresentando pausas e chuviscos entre fases mais

intensas. Pode produzir ventos fortes e grande quantidade de raios. Ocorrem em uma imensa área simultaneamente.

Um estudo apresentado pela Agência Nacional Das Águas (2013, p.39) nos traz os valores das precipitações em âmbito nacional, de uma média histórica desde o ano de 1961 até o ano de 2007, Figura 5. A média nacional registrada nesse período foi de 1.761 mm de chuva por ano.

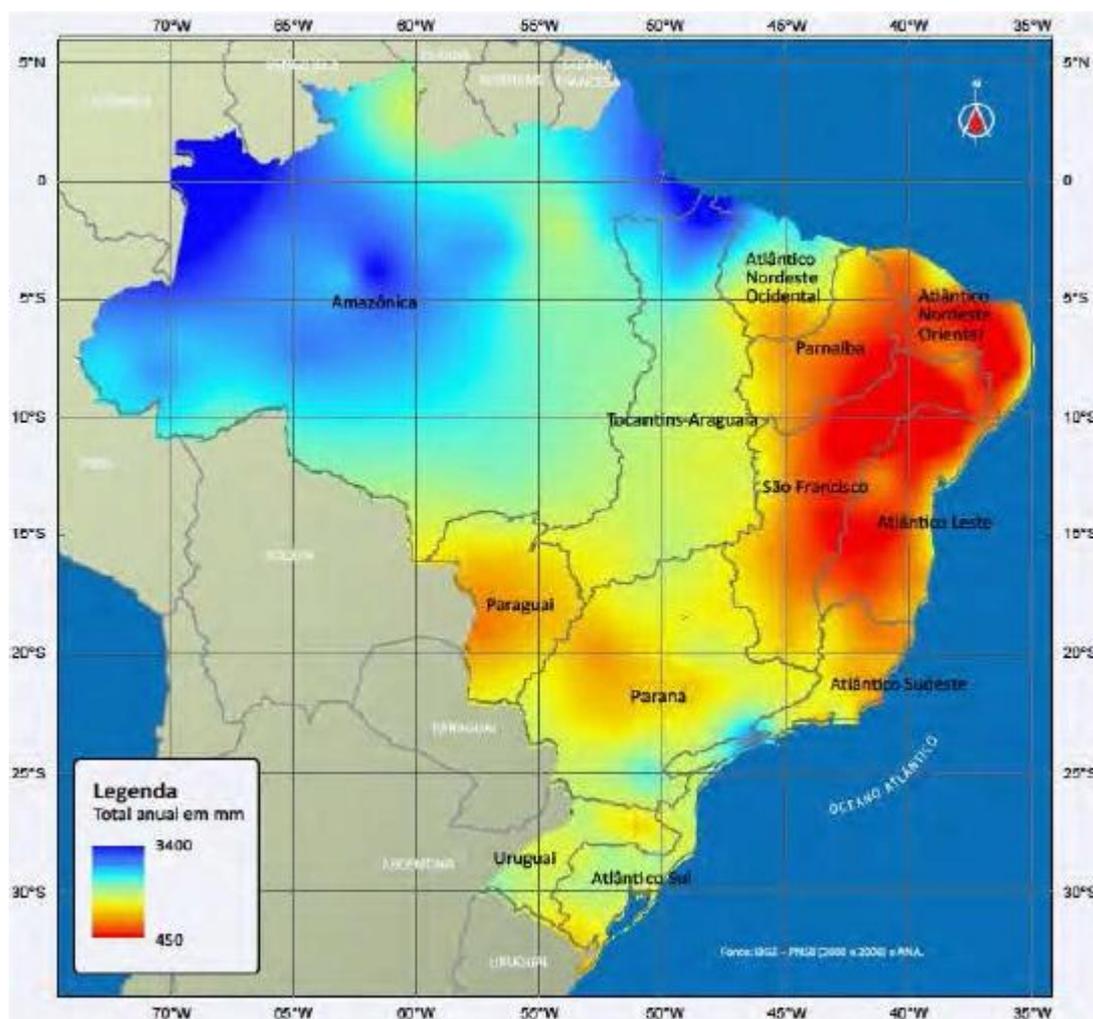


Figura 5 – Precipitações no Brasil do Ano 1961 à 2007
Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2013, p.39)

2.3.2 Eventos Climáticos

Dentre os eventos climáticos, relacionados a água, as enchentes e inundações são os que mais preocupam as populações de cidades onde o planejamento urbano não recebeu a devida atenção nos anos da fundação dos municípios e por mais que nos dias atuais ele seja um pouco mais abordado, o tempo e o crescimento das cidades acabaram por dificultar que as mudanças necessárias sejam implementadas.

A definição sobre os eventos é tratada por Studart (2006) como sendo consequência de períodos com excesso de chuva, sendo as enchentes caracterizadas por uma vazão grande de escoamento superficial, enquanto as inundações são marcadas pelo extravasamento dos canais de rios.

“A impermeabilização dos solos nas grandes cidades é hoje fato consumado, enquanto o emprego de materiais de cobertura que facilitem a infiltração da chuva é exceção. Em paralelo ao aumento das áreas impermeabilizadas, ocorre um adensamento da população e um aumento da demanda por água potável, o que tende a tornar a situação de abastecimento preocupante. Ademais, com crescente frequência as chuvas traduzem-se em enchentes. As águas pluviais, que poderiam amenizar o problema do abastecimento, muitas vezes transformam-se numa “ameaça”, sendo vistas como algo de que a população precisa “livrar-se o mais rápido possível” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006, p.203).

O mapa da Figura 6, traz um levantamento feito pela Agência Nacional das Águas, onde são identificados as situações em que se encontram os rios, ou trechos deles, situados no estado do Paraná, classificando-os quanto a sua vulnerabilidade com relação a inundações, em níveis que vão de “baixa” marcados pela cor verde, “média” marcados pela cor amarela e “alta” identificados pela cor vermelha.

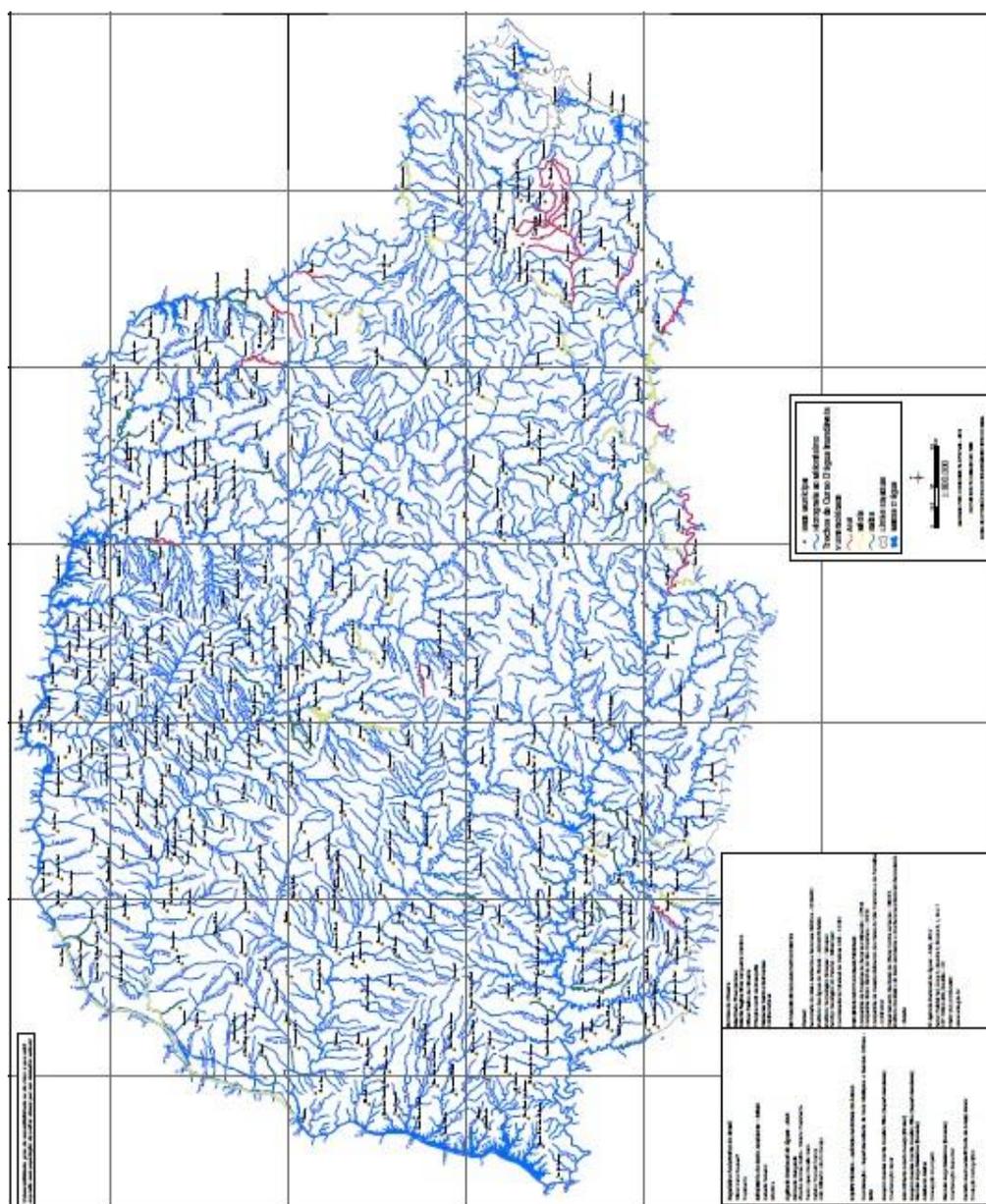


Figura 6 – Mapa de Vulnerabilidade dos Rios do Paraná

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2015)

No mapa verificam-se a existência de trechos onde o nível de vulnerabilidade é alto. A classificação destes níveis levou em conta os fatores que estão expressos na Figura 7.



Figura 7 – Fatores Determinantes da Vulnerabilidade

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2015)

Por esses fatores que a implantação de um manejo sustentável para as águas pluviais tem sua importância para que as cidades possam resolver os problemas relacionados ao saneamento ambiental. Sejam simplesmente medidas para a redução dos impactos negativos causados pelas enchentes, ou também medidas que visem o armazenamento para posterior consumo, a adoção de práticas e tecnologias em zonas urbanas com intuito de melhor arranjar os fluxos pluviais, como bem lembra o Ministério Do Meio Ambiente (2006), deve ser intensificada, pela instalação de sistemas de captação nas edificações e com o aumento de áreas urbanas com cobertura vegetal.

3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS

Os benefícios da utilização das águas pluviais nas edificações, como cita Bezerra et al. (2010), os torna parte integrante do sistema de abastecimento de água, fazendo assim com que os recursos hídricos de qualidade superior tenham redução no seu consumo, fato que ainda contribui na prevenção de escassez dos municípios que fazem uso deste aproveitamento.

A composição de um sistema de aproveitamento de água de chuva, basicamente compõem-se de uma área destinada a captação, mecanismos que façam o transporte do recurso e um reservatório que fará o armazenamento, onde a água então deve receber o tratamento indicado com base na sua destinação (AMORIM; PEREIRA, 2008).

A utilização da água de chuva nas edificações tem fácil adaptação em atividades onde não se faz necessária o uso do recurso potável, como nas descargas de bacias sanitárias, na irrigação de jardins e na limpeza de pisos, equipamentos e carros. Lembrado também por Bezerra et al. (2010) que outros usos também podem ser propostos, até mesmo como água potável, desde que estudos sejam realizados, identificando-se o tratamento necessário para garantir as peculiaridades tais quais o uso necessite.

Estudos tem sido feitos, buscando a definição do perfil de uso da água em edificações. A Agência Nacional Das Águas (2005) traz um levantamento feito por Rocha et al. (1999) que definiu a distribuição do consumo de água em um apartamento de um conjunto habitacional de interesse social, conforme Figura 8.

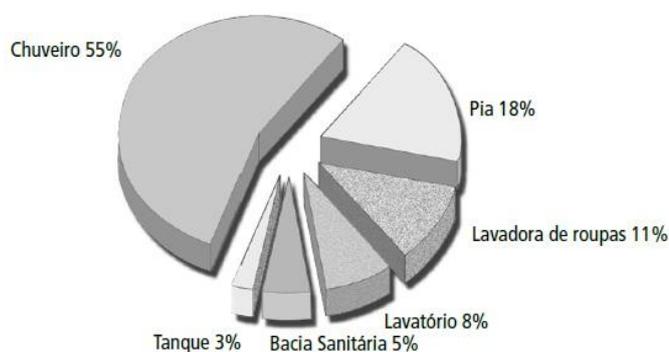


Figura 8 – Distribuição de Consumo de Água

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2005, p. 18)

A Agência Nacional Das Águas (2005) aponta que o uso da água em edificações residenciais, estão mais ligados a atividades de limpeza e higiene, quando considerados os usos apenas internos, enquanto os externos se voltam para atividades como irrigação, lavagem de veículos e piscinas, entre outros. Já nas edificações comerciais e públicas os usos ficam mais restritos a ambientes sanitários, sistemas de resfriamento de ar condicionado e irrigação, tendo as edificações públicas uma maior porcentagem dos usos em sanitários, que variam de 35% a 50% do consumo total.

Esses estudos apontaram um potencial para o uso de águas pluviais, segundo Gonçalves (2011), do total de água destinado para o consumo humano, pelo menos 24% são destinados em sanitários e outros usos que não necessitariam de uma água potável, que é o que geralmente acontece.

Existem algumas formas de incentivo para que sistemas de captação de água sejam difundidos com uma amplitude maior, apresentados pelo Ministério Do Meio Ambiente (2006) estão as Leis, redução na cobrança de impostos como o IPTU, facilidades de financiamento, campanhas educativas, esclarecimentos da opinião pública, não deixando de lado os investimentos em pesquisa que atestem a eficácia e os benefícios desses sistemas.

3.1 QUALIDADE E USOS RESTRITIVOS PARA ÁGUA DA CHUVA

A norma NBR15527 (ABNT,2007) trata do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. A norma condiciona que o estudo para concepção de um sistema de aproveitamento de água de chuva deve englobar a população que irá utilizar-se da água, considerando-se a finalidade a qual ela será destinada, assim determinando-se uma demanda de água pluvial. A definição dos usos do recurso permitirá ao projetista do sistema apontar os padrões de qualidade a serem atingidos, na norma são expressos os parâmetros aos quais a água de chuva deve atender, conforme segue na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de Qualidade de Água de Chuva Para Usos Restritivos Não Potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100ml
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 μ T ^b , para usos menos restritivos < 5,0 μ T
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 μ T ^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

Fonte: NBR 15527 (ABNT, 2007)

Notas:

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 μ T é a unidade de turbidez.

c μ T é a unidade Hazen.

A Agência Nacional Das Águas (2005) traz as exigências mínimas que devem ser atingidas para a utilização de uma água não potável, distribuídas entre as atividades as quais elas podem ser destinadas no dia a dia:

a - Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve conter componentes que agridam 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.

f - Água para uso ornamental:

- deve ser incolor;
- não deve ser turva;
- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

g - Água para uso em construção civil: na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve alterar as características de resistência dos materiais;
- não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana

3.2 MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Mesmo que a destinação da água de chuva seja para o uso em atividades consideradas não nobres, existe a necessidade de cuidados para garantir os parâmetros de segurança para a saúde dos usuários, como também assegurar a manutenção dos equipamentos que fazem parte de todo o sistema de distribuição e os aparelhos que à utilizarão, conforme Giacchini (2010).

Presente também na norma está o indicativo quanto a frequência de manutenção, Tabela 2, que deve ser feita nos sistemas de aproveitamento de água, atendo-se para o fato de que, quando utilizado produtos potencialmente nocivos à saúde humana na área de captação, deve-se impedir que o mesmo possa entrar em contato com o reservatório, retornando as conexões após a eliminação deste risco.

Tabela 2 – 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: NBR 15527 (ABNT, 2007).

3.3 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

O dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva pode variar em função do local de aplicação do mesmo, em relação aos usos propostos para o mesmo e principalmente com relação a variação dos dados pluviométricos (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Conforme o mesmo autor, para o dimensionamento do reservatório, basta termos o conhecimento quanto a área de captação, dos dados pluviométricos locais, do coeficiente de aproveitamento da água pluvial e da demanda por água de chuva estimada para a edificação. Lembra-se também, que estes reservatórios não devem permanecer em ócio por um longo período.

Este coeficiente de aproveitamento da água pluvial, também conhecido como coeficiente de runoff ou ainda escoamento superficial é apresentado por Tomaz (2007) como a relação entre o volume total escoado e o volume total precipitado, que varia conforme a superfície em valores que vão de 0,8 a 0,95 como nos traz a Tabela 3.

Tabela 3 – Coeficientes de Runoff

Material do telhado	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, pvc	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2007)

3.3.1 Método de Rippl

“O método consiste na determinação do volume com base na área de captação e na precipitação registrada, considerando-se que nem toda a água precipitada seja armazenada e correlacionando tal volume ao consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável” (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Segundo a norma NBR 15527 (ABNT, 2007), para este método, pode-se usar as séries históricas mensais ou diárias, para preenchimento das fórmulas:

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0$$

$$\text{Sendo que: } \sum D(t) < \sum Q(t)$$

Onde:

S(t) é o volume de água no reservatório no tempo t;

Q(t) é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

D(t) é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

3.3.2 Método da Simulação

Este método desconsidera a evaporação da água e consiste na aplicação, para um determinado mês, da equação da continuidade a um reservatório finito, conforme NBR 15527 (ABNT, 2007):

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva (t)} \times \text{área de captação}$$

$$\text{Sendo que: } 0 \leq S(t) \leq V$$

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;

$Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t ;

$D(t)$ é o consumo ou demanda no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

3.3.3 Método Azevedo Neto

No método de Azevedo Neto a norma NBR 15527 (ABNT, 2007) nos traz a seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m^2);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

3.3.4 Método Prático Alemão

Pela norma NBR 15527 (ABNT, 2007), este método toma o menor valor encontrado para o volume do reservatório, analisado entre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

V adotado = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) x 0,06 (6 %)

$$V \text{ adotado} = \text{mín} (V; O) \times 0,06$$

Onde:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V adotado é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

3.3.5 Método Prático Inglês

No método prático Inglês, conforme a norma NBR 15527 (ABNT, 2007), o valor do reservatório é obtido pela fórmula:

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

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

3.3.6 Método Prático Australiano

Para o método prático Australiano, a norma NBR 15527 (ABNT, 2007), traz as seguintes equações, para obtenção do volume de chuvas:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

Onde:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P é a precipitação média mensal;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta;

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V(t) = V(t-1) + Q(t) - D(t)$$

Onde:

Qt é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

Vt é o volume de água que está no tanque no fim do mês t;

Vt-1, é o volume de água que está no tanque no início do mês t;

Dt é a demanda mensal;

NOTA Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será T.

Confiança:

$$Pr = Nr / N$$

Onde:

Pr é a falha;

Nr é O número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

$$\text{Confiança} = (1 - Pr)$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

4 FRANCISCO BELTRÃO

O município de Francisco Beltrão, mostrado na Figura 9, situado no Sudoeste do estado do Paraná, possuindo uma área de 735.111 km², contendo uma população estimada em 86.499 habitantes, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015), é uma cidade que teve seu crescimento muito rápido. O município de Francisco Beltrão começou como vila Marrecas e em menos de 5 anos do início do povoado a vila já era elevada à condição de sede do município, isso em dezembro de 1952.



Figura 9 – Localização de Francisco Beltrão

Fonte: (WIKIMEDIA COMMONS, 2015)

O seu desenvolvimento seguiu a natureza da fundação de vários outros municípios, onde a ocupação se iniciava as margens dos rios. O crescimento de Francisco Beltrão foi muito influenciado na época pela instalação da Cango (Colônia Agrícola Nacional General Osório), que instalou seus barracões as margens do rio, cujo nome servira de inspiração para a fundação da até então vila Marrecas, conforme descreve a Prefeitura De Francisco Beltrão (2015).

Devido a esse rápido desenvolvimento, nos dias atuais a cidade colhe os frutos desse crescimento. O fato do desenvolvimento acelerado, somado a ocupação das margens dos rios em virtude de uma falta de planejamento urbano, correlacionados com o volume de chuvas da região tornou a cidade propensa a sofrer com eventos climáticos, enchentes e inundações.

4.2 HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS

A cidade possui uma média histórica de pluviosidade, registrada desde o ano de 1974 até o ano de 2013 no valor de 2.019,2 mm ao ano, conforme dados disponibilizados pelo Instituto Das Águas Do Paraná (2015). Com incidentes de grandes precipitações, que ultrapassam a casa dos 100mm, em intervalos curtos de duração, por vezes até em um único dia, registrados quase que anualmente.

Atentando-se para anos mais recentes, o ano de 2010, chama a atenção justamente um episódio ocorrido entre os dias 22 de abril à 27 de abril, neste intervalo de 5 dias foram registrados 359,1 mm, tendo um pico de 178 mm no dia 23, segundo dados do Instituto Das Águas Do Paraná (2015).

4.3 HISTÓRICO DE ENCHENTES

Pelos fatores descritos acima, de uma rápido crescimento urbano, tendo ainda como agravante o fato de um rio ter sido envolvido por tal crescimento, somado as decorrentes chuvas que atingem a região, Francisco Beltrão tornou-se uma cidade com grande probabilidade de sofrer com problemas envolvendo intempéries climáticas.

Em um estudo da Agência Nacional das Águas, que classificou a vulnerabilidade dos rios, o rio Marrecas, que cruza a cidade ganhou o mais alto índice de vulnerabilidade, desde um trecho que antecede a cidade, perfazendo todo o território urbano até perder seu grau de vulnerabilidade, já em um trecho fora do ambiente urbano, conforme mostra a Figura 10.

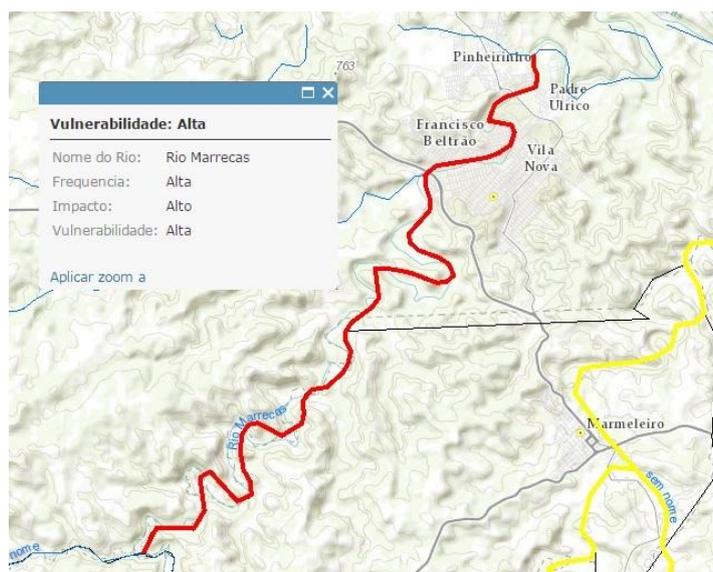


Figura 10 – Vulnerabilidade do Rio Marrecas

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2015)

Segundo levantamento de ocorrências registrado pela Defesa Civil, considerando tempestades locais, inundações, enxurradas e alagamentos, a cidade de Francisco Beltrão registrou 22 incidentes do prazo de abril de 2010 até a última ocorrência que foi registrada em julho de 2015. Estes incidentes acabaram afetando 23.613 pessoas, somadas todas as ocorrências. Abaixo a Tabela 4 apresenta todas as ocorrências registradas no município.

Tabela 4 – Histórico de ocorrências na cidade de Francisco Beltrão – Pr

(Continua)

Data do Desastre	COBRADE	Pessoas Afetadas
14/07/2015	Tempestade Local/Convectiva - Tornados	341
16/01/2015	Tempestade Local/Convectiva – Vendaval	10
19/10/2014	Tempestade Local/Convectiva – Vendaval	45
29/09/2014	Alagamentos	1.590
02/09/2014	Tempestade Local/Convectiva – Granizo	400
12/08/2014	Tempestade Local/Convectiva – Vendaval	15

Tabela 4 – Histórico de ocorrências na cidade de Francisco Beltrão – Pr

(Conclusão)

Data do Desastre	COBRADE	Pessoas Afetadas
	Tempestade	
27/06/2014	Local/Convectiva – Chuvas Intensas	3.119
	Tempestade	
29/04/2014	Local/Convectiva – Chuvas Intensas	7.705
	Tempestade	
07/01/2014	Local/Convectiva - Vendaval	10
21/10/2013	Enxurradas	400
	Tempestade	
03/10/2013	Local/Convectiva – Vendaval	385
	Tempestade	
20/09/2013	Local/Convectiva – Vendaval	12
21/06/2013	Alagamentos	750
15/05/2013	Enxurradas	80
12/03/2013	Enxurradas	50
	Tempestade	
06/02/2013	Local/Convectiva – Vendaval	814
	Tempestade	
01/10/2012	Local/Convectiva – Vendaval	165
	Tempestade	
08/12/2011	Local/Convectiva – Vendaval	640
09/09/2011	Enxurradas	1.100
19/08/2011	Enxurradas	800
	Tempestade	
08/08/2011	Local/Convectiva – Granizo	140
22/04/2010	Enxurradas	5.042
	Total do município:	23.613

Fonte: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=56>

Notas:

(COBRADE) Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

A Figura 11, mostra uma parte da abrangência de inundação do rio Marrecas, na ocorrência de 29/04/2010, que afetou a mais de 7 mil pessoas.



Figura 11 – Situação da Cidade na Ocorrência de Uma Inundação

Fonte: (PREFEITURA MUNICIPAL DE FRANCISCO BELTRÃO, 2014)

4.3 LEI N° 3185 / 2005 FRANCISCO BELTRÃO - PR

Tomando ciência da situação em que a cidade se colocou, entidades públicas, órgãos responsáveis e a comunidade como um todo, passaram a discutir medidas visando uma melhora do sistema de drenagem, para que a cidade pudesse encarar as grandes precipitações sem que grandes transtornos ocorressem.

Medidas como a dragagem do leito do rio Marrecas e seus afluentes, construção de bacias ou lagos de contenção foram adotados pela prefeitura municipal e no ano de 2005 o então prefeito Vilmar Cordasso, instituiu a Lei n° 3185 / 2005, que tornava obrigatório a captação e uso de águas pluviais em edificações novas com área igual ou superior a 135 m² e edificações com menor área pertencentes a condomínios ou complexos industriais, dando um prazo de 10 anos para que as edificações já existentes se adequassem e também passassem a captar e utilizar a água de chuva.

Os volumes de água a serem coletados ficaram condicionados a utilização de um reservatório com no mínimo 500 litros e no máximo 5.000 litros. Já a destinação ficava determinada a usos em irrigação de hortas e jardins, limpeza de calçadas e pisos, lavagem de automóveis e similares e outros fins que não fossem o consumo humano direto.

5 METODOLOGIA

O presente trabalho analisou de forma experimental a aplicação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência modelo, aplicando os diferentes métodos de dimensionamento para o reservatório.

5.1 DEMANDA DE ÁGUA DE CHUVA

A residência, planta baixa no ANEXO A, em análise continha uma área de 142 m², contendo 1 suíte com closet, 2 quartos, banheiro social, lavanderia, cozinha, sala de estar, sala de jantar e garagem para 2 veículos. O telhado proposto para o estudo foi de cobertura de fibrocimento, considerando-se assim um coeficiente superficial de 0,8, conforme Tabela 3 no item 3.3. O modelo buscado visou o enquadramento na Lei n° 3.185/2005 de Francisco Beltrão, que exige a instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para edificações com área superior a 135m².

Para a análise de aproveitamento de água de chuva na residência onde estimou-se uma população de 4 pessoas e 2 veículos, foi considerado o uso interno na edificação somente para atender as bacias sanitárias, já para o uso externo foi considerado a lavagem de pisos, calçadas e automóveis bem como a irrigação do jardim.

Para o aparelho sanitário, conforme Tomaz (2003 apud GIACCHINI, 2010, p. 71) recomenda-se o valor de 5 acionamentos da bacia sanitária por habitante por dia. Sendo o aparelho provido de válvula com duplo acionamento, de 3 e 6 litros, foi estimado que 4 destes acionamentos serão de 3 litros e 1 acionamento de 6 litros.

Para os usos externos, foram levados em conta valores apresentados por Tomaz (2003 apud BEZERRA et al. 2010) que apontam um uso de 2 litros/dia/m² de água para a limpeza de pisos e irrigação, e um consumo de 150 litros de água por lavagem de carro. Para a área de limpeza e irrigação foi considerado uma área de 180 m² e uma frequência de uso de 12 vezes ao mês e para a lavagem de veículos estipulou-se que cada carro era lavado uma vez por semana, essas estimativas levaram ao cálculo da demanda da edificação conforme segue:

- a- Demanda de água nas bacias sanitárias = (4 habitantes x 4 acionamentos x 3 litros) + (4 habitantes x 1 acionamento x 6 litros) = 72 litros/dia x 30 dias = 2.160 litros/mês e;
- b- Demanda de água para lavagem de pisos e irrigação = 150 m² x 2 litros/dia/m² x 12/30 dias = 120 litros/dia x 30 dias = 3.600 litros/mês e;
- c- Demanda de água para lavagem dos carros = 2 carros x 150 litros/lavagem x 4 = 1.200 litros/mês, resultando em;
- d- Demanda total de água mensal = 2.160 + 3.600 + 1.200 = 6.960 litros/mês ou 6,96 m³/mês.

5.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para o levantamento dos dados pluviométricos foram consultados os dados fornecidos pelo Instituto das Águas do Paraná. Para a análise foi buscado um histórico dos últimos 5 anos, considerando que na análise feita pela Agência Nacional das Águas, para determinação da vulnerabilidade dos rios, indicou que para a região do rio Marrecas em um intervalo máximo de 5 anos ocorre algum incidente de inundação.

Na pesquisa dos dados, a estação instalada na cidade de Francisco Beltrão só possuía dados até o mês de Fevereiro de 2014, para tanto foram considerados os anos de 2009 a 2013 para formulação do histórico. A Tabela 5 apresenta os valores registrados à cada mês.

Tabela 5 – Dados Pluviométricos da Cidade de Francisco Beltrão 2009 à 2013

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2009	219,3	60,8	57,8	63,8	239,4	113,0	158,4	113,5	242,0	403,2	126,9	122,3
2010	258,5	112,6	237,3	391,4	180,2	69,9	120,4	52,3	45,5	247,6	83,1	300,4
2011	289,4	181,4	96,0	119,2	19,0	119,4	244,1	348,8	199,7	295,3	128,0	60,4
2012	124,2	274,4	60,3	321,1	70,3	149,0	121,4	0,9	69,7	259,1	40,7	313,5
2013	183,9	246,4	354,6	133,8	137,6	380,6	93,4	146,8	210,6	224,7	130,2	194,9
MEDIA	215,1	175,1	161,2	205,9	129,3	166,4	147,5	132,5	153,5	286,0	101,8	198,3

Fonte: adaptado

(<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264>)

Também apresentado pelo Instituto Águas do Paraná, os relatórios trazem dados anuais, dos quais, analisando o mesmo período, 2009 à 2013, foram registrados 2072,5 mm de precipitação média anual.

5.3 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO

Na aplicação dos métodos propostos na Norma NBR 15527/2007 foram substituídos as variáveis levantadas no estudo, aplicando-as nas fórmulas, afim de que se determinasse os valores dos reservatórios de água.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 SIMULAÇÃO DOS MÉTODOS

Abaixo são apresentados as simulações feitas para o estudo proposto considerando-se as variáveis que constaram na apresentação de cada método.

6.1.1 Método De Rippl

Os valores da simulação pelo método de Rippl são apresentados na Tabela 6, para o cálculo do volume aproveitável de chuva (Q) foram utilizados os valores da precipitação multiplicados pelas constantes, coeficiente de runoff (C) com valor de 0,8, conforme Tabela 3 expressa no item 3.3, e área de captação de 142 m². O valor da demanda segue conforme item 5.1.

Tabela 6 – Simulação do Método de Rippl

Mês	Precipitação (mm)	Q (m ³)	Demanda (m ³)	Nível do reservatório (m ³)	Volume do reservatório (m ³)
JAN	215,1	24,44	6,96	-17,48	-
FEV	175,1	19,89	6,96	-12,93	-
MAR	161,2	18,31	6,96	-11,35	-
ABR	205,9	23,39	6,96	-16,43	-
MAI	129,3	14,69	6,96	-7,73	-
JUN	166,4	18,90	6,96	-11,94	-
JUL	147,5	16,76	6,96	-9,80	-
AGO	132,5	15,05	6,96	-8,09	-
SET	153,5	17,44	6,96	-10,48	-
OUT	286,0	32,49	6,96	-25,53	-
NOV	101,8	11,56	6,96	-4,60	-
DEZ	198,3	22,53	6,96	-15,57	-
				TOTAL	-

Fonte: O AUTOR (2015)

O método se mostrou inconclusivo na determinação do volume do reservatório pelo fato de que este valor é obtido pelo somatório dos valores positivos encontrados na diferença entre a demanda e o volume aproveitável (Q). Isto se deve pelo fato de o volume de água de chuva, captado pelo telhado, que podia ser aproveitável era superior a demanda.

O fato de não serem encontrados valores positivos que resultariam no valor para o reservatório, conforme Giacchini (2010), caracteriza a ocorrência de *over flow*, quando existe sobra de água em todos os meses do ano, no caso contrário, onde fossem encontrados valores positivos, estes representariam a falta de água no reservatório e caracterizariam a existência de *out flow*.

6.1.2 Método Da Simulação

O uso deste método implica na adoção de um valor inicial para o reservatório, que deve ser considerado cheio no início da contagem do tempo. Para tanto, foi utilizado o valor mínimo expresso na Lei 3185/2005 – Francisco Beltrão, que exige um reservatório mínimo de 0,5 m³.

Também foram utilizados os valores de $C = 0,8$, conforme Tabela 3 expressa no item 3.3, e área de captação = 142 m², para a determinação do volume de chuva (Q). O valor da demanda de água de chuva foi de 6,96 m³, conforme informado no item 5.1. A Tabela 7 apresenta a aplicação do método.

Tabela 7 – Aplicação do Método da Simulação

Mês	Precipitação (mm)	Q (m ³)	Demanda (m ³)	Volume do reservatório t – 1 (m ³)	Volume do reservatório t (m ³)
JAN	215,1	24,44	6,96	0,5	0,5
FEV	175,1	19,89	6,96	0,5	0,5
MAR	161,2	18,31	6,96	0,5	0,5
ABR	205,9	23,39	6,96	0,5	0,5
MAI	129,3	14,69	6,96	0,5	0,5
JUN	166,4	18,90	6,96	0,5	0,5
JUL	147,5	16,76	6,96	0,5	0,5
AGO	132,5	15,05	6,96	0,5	0,5
SET	153,5	17,44	6,96	0,5	0,5
OUT	286,0	32,49	6,96	0,5	0,5
NOV	101,8	11,56	6,96	0,5	0,5
DEZ	198,3	22,53	6,96	0,5	0,5

Fonte: O AUTOR (2015)

A análise dos dados nos mostra que o resultado do reservatório de água pluvial acabou sendo igual ao valor estipulado no início, de 0,5m³, atingindo 100 % de eficiência, pelo fato de todos os meses do ano haver sobra de água. O valor tomado como base se refere ao mínimo estipulado pela

legislação, mas tendo o mínimo atingido a demanda, qualquer outro valor adotado dentro do intervalo da legislação atenderia confortavelmente a demanda, isso se deve ao fato do volume de água captado pelo telhado ser superior a demanda.

Giacchini (2010) aponta que a utilização de dados hidrológicos diários pode ser uma alternativa interessante para a aplicação do método da simulação, podendo assim ser melhor avaliado a ocorrência de episódios de *over flow*.

6.1.3 Método Azevedo Neto

Para a aplicação da fórmula foi utilizado o valor médio anual de precipitação de 2072,5 mm e o valor da área de captação de 142 m². O método ainda tem uma variável que considera o número de meses com poucas chuvas ou secas (T). Em anexo constata-se um episódio no ano de 2012, onde durante o mês de agosto foram registrados 2 dias de chuva, sendo o primeiro episódio com 0,3 mm e o segundo de 0,6 mm, e por mais que a região possua uma pluviosidade média e regular, analisa-se nos dados diários a ocorrência de ao menos 1 mês de cada ano em que são registrados um máximo de 6 dias de precipitação. Assim sendo, o valor admitido para T foi de 1 mês.

Com base dos dados, obteve-se o valor numérico do volume de água pluvial aproveitável, que condiz também com o valor de água do reservatório, que são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Simulação do Método Azevedo Neto

Precipitação anual (mm)	Área de captação (m ²)	T (mês)	$V = 0,042 \times P \times A \times T$ (m ³)
2072,5	142	1	12,4

Fonte: O AUTOR (2015)

O valor encontrado, considerando-se o fato de que a demanda estimada para a edificação ficou em 6,96 m³, ou seja, o estudo tendo

considerado 1 mês de pouca chuva, neste mês que não haveria o abastecimento do reservatório ainda restariam 5,44 m³ de água de chuva. A questão ficaria no fato de que o valor encontrado extrapola o limite estabelecido na legislação municipal.

6.1.4 Método Prático Alemão

O método define o volume para o reservatório de água, adotando-se o menor valor encontrado em uma relação que considera 6% do volume de consumo anual ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável. A Tabela 9 demonstra o indicativo dos valores adotados, bem como os resultados finais para as relações e apontando o volume do reservatório indicado pelo método.

Tabela 9 – Simulação do Método Prático Alemão

Precipitação anual (mm)	Área de captação (m ²)	Demanda anual (m ³)	Chuva aproveitável (m ³)	Volume adotado = minx0,06 (m ³)
2072,5	142	83,52	223,68	5,0

Fonte: O AUTOR (2015)

A definição do volume se dá pela análise em cima do menor valor, seja da demanda ou da precipitação aproveitável. Para o estudo em questão, o fato da demanda ser o valor inferior ao volume aproveitável, definiu o método.

Giacchini (2010) ressalta que para a aplicação do método em um caso onde a demanda por água pluvial é muitas vezes superior ao volume captável de água, o que pode ser verificado em uma habitação vertical coletiva, poderia induzir a valores insatisfatórios do ponto de vista do atendimento ao consumo.

6.1.5 Método Prático Inglês

O método prático Inglês faz a definição do valor característico para o volume do reservatório tomando o valor da totalidade do volume aproveitável

de água que é captado pelo sistema. A Tabela 10 nos traz a apresentação dos dados considerados e o valor final encontrado.

Tabela 10 – Simulação do Método Prático Inglês

Precipitação (mm)	Área de captação (m ²)	V adotado (m ³)
2072,5	142	14,7

Fonte: O AUTOR (2015)

O volume do reservatório indicado pelo método se mostra expressivo, inclusive extrapolando o limite estabelecido na legislação municipal. Isso ocorre devido ao fato da análise considerar somente o volume de precipitação, que para a região em estudo, demonstra-se bem satisfatório.

Giacchini (2010) aponta a facilidade de aplicação do método, o emprego de poucos dados e a fácil interpretação como sendo as principais características do método. A mesma autora ainda relata que o fato do método não abordar o período seco não pode ser considerado uma incógnita a ser identificada, subentendendo que o período seco considerado corresponde a um mês.

6.1.6 Método Prático Australiano

A definição do volume do reservatório pelo método prático Australiano se dá pela tentativa de volumes, até que seja encontrado um valor que atenda a uma confiança de 90% a 99%. Para o cálculo foi testado o volume do reservatório, utilizando-se o valor mínimo estipulado na legislação municipal ($V = 0,5 \text{ m}^3$), também são considerados o valor do coeficiente de runoff ($C = 0,8$) e um valor de 2 mm é descontado do total precipitado como consideração as perdas por evaporação. A Tabela 11 apresenta a simulação.

Tabela 11 – Simulação do Método Prático Australiano

Mês	Precipitação (mm)	Q (m ³)	Demanda (m ³)	Volume do reservatório t – 1 (m ³)	Volume do reservatório t (m ³)
JAN	215,1	24,21	6,96	0,0	0,5
FEV	175,1	19,66	6,96	0,5	0,5
MAR	161,2	18,09	6,96	0,5	0,5
ABR	205,9	23,16	6,96	0,5	0,5
MAI	129,3	14,46	6,96	0,5	0,5
JUN	166,4	18,68	6,96	0,5	0,5
JUL	147,5	16,53	6,96	0,5	0,5
AGO	132,5	14,82	6,96	0,5	0,5
SET	153,5	17,21	6,96	0,5	0,5
OUT	286,0	32,26	6,96	0,5	0,5
NOV	101,8	11,34	6,96	0,5	0,5
DEZ	198,3	22,30	6,96	0,5	0,5

Fonte: O AUTOR (2015)

Novamente ocorre que o valor testado foi determinado como o valor a ser adotado pelo sistema, devido ao fato de a demanda ser muito inferior ao volume de chuvas proporcionado. Mesmo considerando-se o valor máximo para o reservatório, estipulado pela lei municipal que é de 5 m³, percebe-se que o mesmo atenderá com êxito a confiança do sistema, pois o menor valor disponível de água no mês é de 11,34 m³.

Giacchini (2010) indica que da mesma forma que para o método da simulação, a utilização de dados hidrológicos diários, podem ser benéficos para o estudo do método prático australiano, levando a uma abordagem mais ampla para os casos de *over flow*.

6.2 DISCUSSÃO DOS MÉTODOS VERSUS LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

Os valores encontrados para os métodos de dimensionamento dos reservatórios para sistemas de aproveitamento de água pluvial testados no estudo são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Demonstrativo dos Resultados Encontrados

Método	Valor encontrado (m ³)
Método de Rippl	-
Método da Simulação	0,5
Método Azevedo Neto	12,3
Método Prático Alemão	5,0
Método Prático Inglês	14,7
Método Prático Australiano	0,5

Fonte: O AUTOR (2015)

A variação nos resultados é decorrente das diferentes metodologias aplicadas em cada método. A questão da boa pluviosidade encontrada na região, a demanda determinada para o estudo e a área de captação são variáveis que fazem parte das metodologias dos métodos. Para ampliar a análise foi calculado os volumes dos reservatórios, considerando-se diferentes porcentagens de utilização da área de captação. Fazendo-se projeções do uso de 75% (106,5 m²) e 50% (71 m²) da capacidade de captação do telhado, os valores encontrados são expressos na Tabela 13 que faz o paralelo aos valores já encontrados, que consideravam 100% (142 m²) da área de captação da edificação.

Tabela 13 – Resultados para Simulações 75% e 50% da Área de Captação

Método	Valor encontrado	Valor encontrado	Valor encontrado
	100%(m ³)	75% (m ³)	50% (m ³)
Método de Rippl	-	-	1,18
Método da Simulação	0,5	0,5	0,5
Método Azevedo Neto	12,3	9	6
Método Prático Alemão	5,0	5	5
Método Prático Inglês	14,7	11	7
Método Prático Australiano	0,5	0,5	1,2

Fonte: O AUTOR (2015)

Através da análise notamos que os métodos da simulação e o método prático alemão apontou o mesmo volume de reservatório, que possibilitaria a instalação de um sistema com mesmo volume de retenção porém com um menor investimento em coletores e condutores. Já os métodos Azevedo Neto e prático inglês apontaram para uma redução do volume reservado à medida em que a área de captação era diminuída, isso também possibilitaria numa redução do custo total do sistema pela utilização de um reservatório de menor capacidade. Porém o método prático australiano apresentou elevação no seu volume quando foi considerado uma captação de apenas 50%, neste caso poderia ser reduzido os gastos com coletores e condutores, mas a aquisição de um reservatório de maior capacidade aumentaria os custos para o sistema.

Em pesquisa feita por Amorim e Pereira (2008) os estudos indicaram que os métodos prático alemão e australiano foram considerados métodos conservadores, o método Azevedo Neto e método prático inglês foram considerados métodos que superdimensionaram o reservatório e o método de Rippl pode ser encaixado nos dois grupos dependendo do intervalo pluviométrico utilizado.

Com a variação dos resultados a escolha por um determinado método deve considerar os interesses finais da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva não esquecendo de analisar a região na qual o sistema será instalado. Em localidades com índices pluviométricos baixos deve-se primar por métodos que superdimensionem o reservatório, para que um maior volume de água possa ser reservado e possibilitando uma maior contribuição durante os períodos de seca. Já em localidades com índices pluviométricos elevados, como o do caso em estudo, métodos conservadores seriam mais indicados (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Fazendo um paralelo entre os dados obtidos pelos métodos com os limites estabelecidos na Lei 3185/2005 – Francisco Beltrão, que tratam como limite mínimo para os reservatórios o volume de 0,5 m³ e máximo de 5 m³ podem auxiliar na escolha do método tendo em vista que alguns deles ultrapassaram os valores máximos permitidos pela legislação.

6.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS VERSUS SUSTENTABILIDADE

Os benefícios da utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial, conforme tratado no trabalho, mostram uma contribuição para a redução do recurso potável, lembrando Gonçalves (2011) que indica uma redução de pelo menos 24%, isto na análise individual de cada edificação. Numa abordagem ampla contribui ainda, para a região estudada que sofre com eventos de grandes precipitações, para a minimização de eventos como enchentes, pelo fato de as cisternas instaladas nas edificações reterem um percentual de volume das chuvas, reduzindo os picos de vazão.

Porém a água de chuva tem sua importância na manutenção do ciclo hidrológico, que garantem a continuidade das bacias hidrográficas. A falta de critério na escolha dos dimensionamentos dos reservatórios e a falta de controle dos volumes de água que estarão sendo contidos, quando pensado em um sistema de aproveitamento de águas pluviais implantado em boa parte das edificações, podem causar um desequilíbrio do sistema hidrológico, interferindo no processo de realimentação da bacia hidrográfica, lembra-se também que o prolongamento no tempo de reserva da água de chuva pode contribuir para o comprometimento da segurança sanitária dos usuários (GIACCHINI, 2010).

A mesma autora, desenvolveu um estudo desse balanço hídrico, onde traça através de projeções futuras, a interferência da utilização de água de chuva na redução do volume original afluente na bacia hidrográfica com base nos valores de demanda pelo consumo, precipitações locais e área da bacia hidrográfica. O estudo que levava em consideração uma demanda mensal de 0,9 m³ por habitante, refletiu ao final da análise, que considerava a utilização da água de chuva por 100% da população, numa redução de 2,4% do volume original das chuvas para o mês analisado. Este valor que irá contribuir para a redução dos efeitos das enchentes pode também interferir no reabastecimento da bacia hidrográfica, devendo assim, ser dada mais atenção para a consequência futura das medidas adotadas, abrangendo-se as análises e considerando-se todos os fatores.

7 CONCLUSÕES

A importância da água na manutenção da vida humana nos dias atuais se mostra tão relevante quanto os cuidados que devem ser levados em consideração para que na tentativa de possíveis soluções não se criem novos desafios. Por esse motivo demonstra-se o valor de estudos que tratem sobre o assunto e levantem discussões que venham a contribuir na busca pela sustentabilidade hídrica.

Fazendo uma análise da metodologia do estudo, demonstra-se a grande responsabilidade dos profissionais envolvidos com a implantação de sistemas de aproveitamento de água em edificações, para o entendimento preciso das demandas possíveis dos usuários, garantindo a funcionalidade do sistema, que contribui para que a qualidade do recurso não sofra interferências e dando sentido lógico da implantação dos reservatórios como mecanismo de diminuição dos picos de vazão em momentos de grande precipitação, porém fazendo com que essa água migre novamente para compor o ciclo hidrológico local.

Na análise específica do caso em estudo, levantado para este trabalho, os métodos prático alemão e australiano se apresentaram como melhores opções. Ressaltando que para a escolha ideal do sistema a ser implantado, que melhor preencha as necessidades dos usuários, devem ser levados em considerações aspectos econômicos e a disponibilidade física de espaço para a instalação do sistema.

Os estudos referentes aos dados pluviométricos permitem a percepção das necessidades locais, através deles se pode identificar se a região sofre de um regime de secas ou se o ciclo de chuvas possui um comportamento mais regular. Francisco Beltrão apresentou-se como uma cidade com índices pluviométricos satisfatórios, mas que demanda cuidados em relação a episódios frequentes de grandes precipitação. Por esta análise os sistemas de aproveitamento de águas pluviais ganha outra importância, onde além de contribuir para o abastecimento de água fornecendo um recurso acessível, trabalha como regulador para minimização de episódios como enchentes e inundações.

Das publicações mais relevantes que tratam sobre água de chuva, desde normas técnicas a Leis, que norteiam as ações de profissionais envolvidos com a área, nota-se uma liberdade nas diretrizes em virtude das diferentes abordagens levadas na concepção de cada uma delas. Isso resulta em uma necessidade dos profissionais, envolvidos com a implantação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, tenham sensibilidade para lidar com as variáveis envolvidas a ponto que os permita dimensionar o sistema mais adequada para cada caso em específico.

Identificou-se com este trabalho a necessidade de se enxergar a questão do aproveitamento de água de chuva considerando-se a totalidade de sua abrangência. A função primordial da chuva é dar segmento ao ciclo hidrológico, mas não impede que o homem possa usufruir de sua disponibilidade para realizar tarefas nas quais ela venha a se adequar, prolongando o ciclo da água a um nível que não interfira no equilíbrio.

Por estas questões que se propõem para trabalhos futuros a investigação quanto a relevância das chuvas no equilíbrio das bacias hidrográficas, podendo-se identificar um volume aceitável de água, que sendo reservado para consumo nas edificações não interfira prejudicialmente nos rios. Esses valores permitiriam as prefeituras de cada cidade basearem a sua abordagem para a implementação de medidas voltadas a captação e utilização das águas de chuva, visando o aproveitamento de um recurso disponível e auxiliando no controle quanto aos eventos climáticos, sejam como medidas de minimização dos efeitos da seca ou sejam para redução dos efeitos de enchentes.

REFERÊNCIAS

ACQUASOLO. **A origem: O ciclo hidrológico**. 2015. Disponível em: <http://www.acquasolo.com.br/index.asp?op=2&area=%C1gua%20Subterr%E2n%EA&codigo=3&idioma=1&subarea=Introdu%E7%E3o&cod_info=6>. Acesso em: 19 ago 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Atlas de Vulnerabilidade a Inundações: Paraná**. 2012. Escala 1:800.000. Disponível em: <<http://www2.snirh.gov.br/home/webmap/viewer.html?webmap=cf201bd9b2c540fa951b0619006eb2af>>. Acesso em 22 ago. 2015.

_____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013**. Brasília, 2013.

_____. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

AMORIM, Simar Vieira de; PEREIRA, Daniel J. de Andrade. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n.2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

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

BEZERRA, Stella M. da Cruz. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, out./dez. 2010.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Diário Oficial da União. 9 jan. 1997. Sessão 1 p. 470. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1997/lei-9433-8-janeiro-1997-374778-norma-actualizada-pl.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

CALVETTI, Leonardo et al. **Definição de classes de precipitação para utilização em previsões por categoria e hidrológica**. 2015. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-4fe4679ff7c6bb48f49254678b0a4345.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Brasília, 1995.

CARVALHO, Daniel F. de; SILVA, Leonardo Duarte B. da. **Hidrologia**. Capítulo 2. Ciclo Hidrológico. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

CIRCLE OF BLUE. **WaterViews / Infographics**. 2009. Disponível em: <<http://www.circleofblue.org/waternews/2009/cob/waterviews/waterviews-infographics/>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Água no Planeta**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=97>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

DEFESA CIVIL. **Relatório de Ocorrências**: Francisco Beltrão, 2015. Disponível em: <<http://www.defesacivil.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=56>>. Acesso em: 7 out. 2015.

FRANCISCO BELTRÃO. **Lei nº. 3.185**, de 01 de setembro de 2005: Obriga a captação e uso de água pluvial das novas edificações e dá outras providências. Francisco Beltrão, 2005.

GIACCHINI, Margolaine. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2010. 145 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GONÇALVES, Orestes Marracini. **Manual de Conservação de Água**: Programa de Conservação de Águas. 2011. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/municípioverdeazul/files/2011/11/ManualConse rvacaoAgua.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2015.

HIROTA, Marcia. **Crise da água: Como estocar sem arriscar a saúde**. Blog do planeta, 18 nov. 2014. Disponível em: <<http://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2014/11/crise-da-agua-como-estocar-sem-arriscar-sua-saude.html>>. Acesso em: 06 out. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados referentes ao município de Francisco Beltrão. 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=410840>>. Acesso em: 7 ago. 2015.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Dados Pluviométricos**. Sistema de Informações Hidrológicas, Francisco Beltrão, 2015. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264>>. Acesso em: 5 set. 2015.

MANTOVANI, Mario. **A água revela o despreparo do Brasil para enfrentar os impactos do clima**. Brasil post, 07 jun. 2015. Disponível em: <http://www.brasilpost.com.br/sos-mata-atlantica/agua-brasil-despreparo_b_7017248.html>. Acesso em: 06 out. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Recursos Hídricos** Panorama e Estado dos Recursos Hídricos do Brasil: Volume 1. Brasília, 2006.

MIRANDA, Ricardo A. Calheiros de. **Ciclo Hidrológico: Conceito**. 2015. Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos3/ciclo-hidrologico-conceito/ciclo-hidrologico-conceito2.shtml>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FRANCISCO BELTRÃO. **História**. Francisco Beltrão, 2015. Disponível em: <<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/o-municipio/historia/>> Acesso em: 3 set. 2015.

_____. **Prefeitura decreta situação de emergência em virtude da enchente, veja fotos**. 2014. Disponível em: <http://franciscobeltrao.pr.gov.br/noticias/poder-executivo/prefeitura-decreta-situacao-de-emergencia-em-virtude-da-enchente-veja-fotos-da-enchente/>. Acesso em 3 set 2015.

RODRIGUEZ, Mario O. Buenfil. **Demanda, uso eficiente y preservación del agua**. 2005. Disponível em: <http://www.oocities.org/mario_buenfil/depfi/demanda-uso-efic-preservacion-agua__Buenfil-2002.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2015.

STUDART, Ticiane M. de Carvalho. **Gestão da Demanda de Água**. São Luís, 2005. Disponível em: <http://www.deha.ufc.br/ticiane/Arquivos/curso_maranhao/Transparencias/9_Instrumentos_de_gestao_da_demanda.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2015.

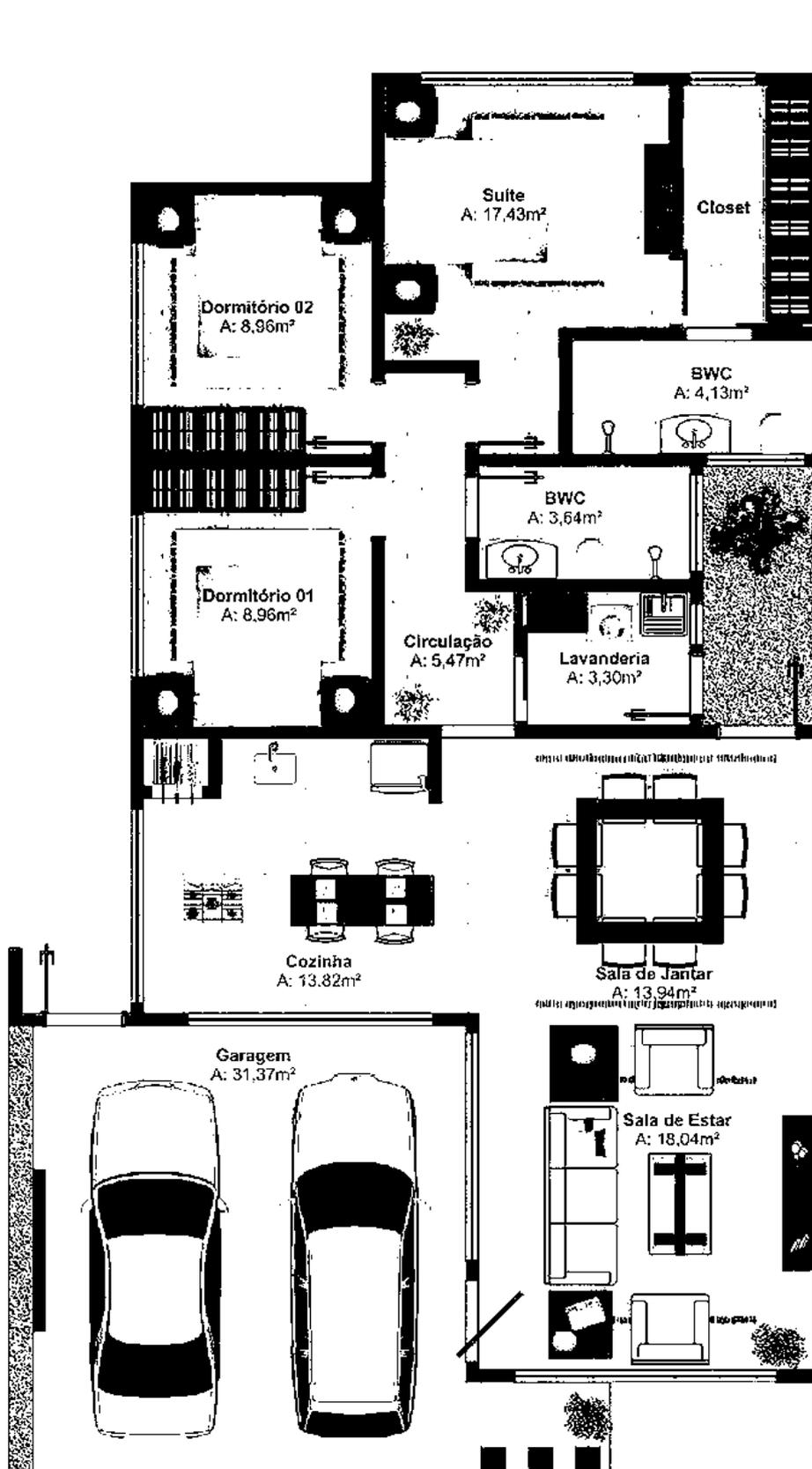
_____. **Hidrologia**. Capítulo 10. 2006. Disponível em: <http://www.barramentos.ufc.br/Hometiciana/Arquivos/Graduacao/Apostila_Hidrologia_grad/Cap_10_Controlde_de_Enchentes_e_Inundacoes.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2015.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis**: Diretrizes básicas para um projeto. In: 6° SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 2007, Belo Horizonte. Disponível em: <http://abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2015.

WIKIMEDIA COMMONS. **Francisco Beltrão Paraná Brazil**. 2015. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francisco-Beltrao_Parana_Brazil.gif>. Acesso em 3 set 2015.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Factos e Tendências**: Água. BCSD Portugal, 2005. Disponível em: <http://www.wbcsd.org/web/publications/water_facts_and_trends-portuguese.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2015.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**: Água para um Mundo Sustentável Sumário Executivo. Unesco, 2015

ANEXO A – Planta baixa da residência em estudo, área total 142 m².

Fonte: <http://www.plantasdecasas.com/projetos/casa-teresina-linda-casa-terrea-3-quartos/>

ANEXO B – LEI n° 3.185/2005 – Francisco Beltrão**LEI Nº 3185/2005**

01.09.05

Obriga a captação e uso de água pluvial das novas edificações e dá outras providências.

VILMAR CORDASSO, Prefeito Municipal de Francisco Beltrão, Estado do Paraná.

Faço saber que a Câmara Municipal de Vereadores aprovou e eu sanciono a seguinte lei:

Art. 1º - As edificações ou construções novas, com área igual ou superior a 135 m² (metros quadrados) ficam obrigadas a possuir um reservatório ou cisterna adicional para coleta de água pluvial, sendo que o reservatório deverá ter capacidade de no mínimo 500 (quinhentos) litros e no máximo 5.000,00 (cinco mil) litros de água.

Art. 2º - As edificações ou construções com área inferior a 135 m² (metros quadrados) ficam desobrigadas, desde que não façam parte de condomínio ou complexo industrial.

Art. 3º - A água deverá ser coletada das coberturas, podendo ser complementada com telhados de garagens e anexos próximos.

Art. 4º - A água proveniente das chuvas deverá ter como finalidade o uso em irrigação de hortas e jardins, limpeza de calçadas e pisos, lavagem de automóveis e similares e outros fins que não sejam o consumo humano direto.

Art. 5º - As edificações já existentes com metragem superior a 135 m² (metros quadrados), deverão regularizar-se de acordo com esta lei no prazo máximo de 10 anos.

Art. 6º - Cabe ao Município, através da Secretaria de Urbanismo, indeferir o projeto de construção que não estiver de acordo com esta legislação, bem como embargar obras que não estejam contemplando na prática os requisitos constantes do Projeto.

Art. 7º - Nas construções destinadas a abrigar animais (aviários, pocilgas, curais e outros), poderá se assim entender o proprietário, ser utilizada a água pluvial para abastecimento dos bebedouros, desde que não venha infringir legislação superior ou específica.

Art. 8º - Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação.

Gabinete do Prefeito Municipal de Francisco Beltrão, 01 de setembro de 2005.

VILMAR CORDASSO

PREFEITO MUNICIPAL

ANTONIO CARLOS BONETTI

SECRETÁRIO MUNICIPAL DA ADMINISTRAÇÃO