

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
ENGENHARIA CIVIL

ANTÔNIO LUIZ DE ARAÚJO GUERRA FILHO

**ANÁLISE DE FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA VISANDO SEU
APROVEITAMENTO**

NATAL-RN
2018

ANTÔNIO LUIZ DE ARAÚJO GUERRA FILHO

**ANÁLISE DE FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA VISANDO SEU
APROVEITAMENTO.**

Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M.Sc. Aldo da Fonseca Tinôco Filho.

NATAL-RN

2018

Catálogo na Publicação – Biblioteca do UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Guerra Filho, Antônio Luiz de Araújo.

Análise de fontes alternativas de água visando seu aproveitamento /
Antônio Luiz de Araújo Guerra Filho. – Natal, 2018.
60 f.

Orientador: Prof. M.Sc. Aldo da Fonseca Tinôco Filho.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário
do Rio Grande do Norte.

1. Aproveitamento de água – Monografia. 2. Água de chuva –
Monografia. 3. Água de ar condicionado – Monografia. I. Tinôco Filho, Aldo
da Fonseca. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 624

ANTÔNIO LUIZ DE ARAÚJO GUERRA FILHO

**ANÁLISE DE FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA VISANDO SEU
APROVEITAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Civil apresentado ao Centro
Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-
RN) como requisito final para obtenção de
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Aldo da Fonseca Tinôco Filho.

Orientador

Prof(a). Ph.D. Fábio Sérgio da Costa Pereira

Membro

Prof(a). M.Sc. Isabelly Bezerra Braga Gomes de Medeiros

Membro

Dedico esse trabalho aos meus avôs Amarilho e Luiz (*in memoriam*) que quando em vida sempre me proveram com todo o seu amor e paciência e desenvolveram a minha curiosidade. Aos meus pais, Antônio e Amarise e a minhas avós Isis e Maria Zeth que nunca desistiram de mim mesmo com todas as dificuldades e me incentivaram desde cedo à procura do saber, e a minha namorada Bárbara, que tem sido um presente de Deus e meu conforto diante de todas as situações da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao Deus de Israel que sempre guia os meus caminhos e a quem confio todos os meus sonhos.

Aos meus pais, Amarise e Antônio pelo empenho na construção do meu caráter e formação acadêmica, provendo incentivo e apoio durante todas as fases do meu crescimento.

À minha avó Isis por ser esse poço de ternura em minha vida.

Aos colegas de classe, pelos momentos que passamos e pela bravura de se desbravar o caminho de ser a primeira turma de Engenharia Civil do UNI-RN.

Ao Prof. Fábio Sérgio da Costa Pereira, por me incentivar desde os primeiros anos de curso à pesquisa e ao conhecimento científico.

Ao meu orientador, Prof. Aldo Tinôco pela disponibilidade e paixão em compartilhar seus conhecimentos.

Ao coordenador do TCC, Prof. Werner Farkatt Tabosa pela paciência e empenho nos serviços prestados.

“Você deve esperar grandes coisas de si mesmo antes que possa fazê-las.”

Michael Jordan

RESUMO

O presente artigo apresenta e discute o aproveitamento das águas de chuva e de ar condicionados. O aproveitamento da água de chuva é considerado um sistema descentralizado e alternativo de abastecimento, geralmente obtida por meio da cobertura das edificações direcionando essas águas até um reservatório chamado cisterna, onde se procura armazenar água do período chuvoso para garantir, no mínimo, água para consumo humano durante a estiagem. As primeiras águas possuem potencial poluidor, pois podem carrear poeiras, folhas, galhos e dejetos de animais podendo vir a se constituir numa fonte de contaminação, dessa forma é importante instalar um dispositivo de descarte dessas primeiras águas. A FUNASA recomenda no mínimo 1 litro de descarte por metro quadrado de cobertura. A água é transportada para a cisterna através de vários acessórios tais como: calhas coletoras, condutos fechados e conexões. Já quanto ao aproveitamento da água de ar-condicionado, em seu funcionamento é natural que equipamentos de ar-condicionado condensem água oriunda da umidade do ar, geralmente essa água é descartada sem proveito. Entretanto, a partir da análise da água de ar-condicionado, constatou-se que a mesma é potável e própria para consumo, ou seja, vários litros de água gerados por esses equipamentos são perdidos diariamente. Além do potencial de uso da água, sua coleta evita problemas com os gotejamentos frequentes que podem afetar as edificações. O sistema de captação analisado nesse estudo, para ambas as fontes de suprimento, foi o que está instalado no laboratório de Geologia e Solos do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Rio Grande do Norte. Esse trabalho avalia essas duas alternativas de suprimento de água para o laboratório analisado do UNIRN, definindo a oferta de água tanto para a captação de água de chuva (proporcional a área de cobertura objeto do estudo) bem como a quantidade de água dos ar condicionados, proporcional a quantidade de ar condicionados e respectivas capacidades refrigeradoras. Tanto a primeira como para a segunda análise, serão definidos parâmetros que viabilizem o seu cálculo. Será, por fim, determinado a demanda que poderá vir a ser suprida com essas duas alternativas de fornecimento de água

Palavras-chave: Aproveitamento de água. Água de chuva. Água de ar condicionado.

ABSTRACT

The present article shows and discusses the use of rainwater and air conditioning condensated water. The utilization of rainwater is considered a decentralized and alternative system of supply, usually obtained by means of the covering of the buildings (catchment area) directing these waters to a reservoir called cistern, where it is sought to store water from the rainy season to guarantee, the water for human consumption in drought. The first waters with polluting potential, as it can carry dust, leaves, branches and animal dejects can become a source of contamination, so it is important to install a device to discard these waters. FUNASA recommends at least 1 liter per square meter of coverings. The water is transported to the cistern through various accessories such as: collecting gutters, closed conduits and connections. The use of air-conditioning water: In its operation, it is natural for air-conditioning equipment to condense water from the humidity of the air, usually this water is discarded with no practical use. However, from the analysis of the air conditioning water, it is verified that it is potable and suitable for consumption, as so, several liters of water generated by these equipments are lost daily, besides avoiding problems with frequent dripping become building problems. The water capture system analyzed in this study, for both sources of supply, was the one installed at the Geology and Soils Laboratory of the Civil Engineering program at the UNI-RN Campus. This study evaluates these two water supply alternatives for the UNI-RN Geology and Soils Lab, defining the water supply for both rainwater harvesting (proportional to the area covered by the study) and the amount of water of the air-conditioners proportional to the amount of air-conditioned and their thermal capacity. Both the first and the second analysis will be defined parameters that enable its calculation. It will, finally, determine the demand that can be supplied with these two alternatives of water supply.

Keywords: Water use. Rain water. Air conditioning water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das Estações Pluviométricas na Região Metropolitana de Natal	16
Figura 2 – Calha de beiral semicircular de PVC e tubo de queda	22
Figura 3 – Calha central retangular metálica	22
Figura 4 – Esquema de funcionamento de caixa retentora	23
Figura 5 – Clorador de pastilhas.....	23
Figura 6 – Filtro de Partículas.....	24
Figura 7 – Esquema de funcionamento do pescador	24
Figura 8 – Reservatório de PEAD	25
Figura 9 – Reservatório em alvenaria.....	25
Figura 10 – Ábaco de dimensionamento de condutores verticais com saída em aresta viva	28
Figura 11 – Ábaco de dimensionamento de condutores verticais com funil de saída	28
Figura 12 – Sistema de aproveitamento de água de ar-condicionado em um edifício de dois pavimentos	37
Figura 13 – Aparelho de ar-condicionado com sistema de coleta	37
Figura 14 – Coletor de água do ar-condicionado.....	38
Figura 15 – Elementos Componentes do Sistema Instalado no UNI-RN	42
Figura 16 – Projeto do Sistema de aproveitamento de Águas do UNI-RN	43
Figura 17 – Localização e dimensões da edificação analisada	44
Figura 18 – Área de coleta de águas da chuva	44
Figura 19 – Laje impermeabilizada entre as coberturas.....	45
Figura 20 – Área de jardim utilizada no cálculo de demanda de água	47
Figura 21 – Área de coleta captada por calhas semicirculares	52
Figura 22 – Área de coleta captada por cada tubo de queda.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Postos pluviométricos da Grande Natal.....	16
Quadro 2 – Análise laboratorial da chuva no bairro de Lagoa Nova	31
Quadro 3 – Análise laboratorial da água proveniente de um aparelho de ar condicionado Split hi-wall de 9.000 BTUs	35
Quadro 4 – Vazão do condicionador de ar referente ao respectivo BTU	39
Quadro 5 – Quantidade de medições de vazão feitas para cada tipo de potência de refrigeração (BTU).....	39
Quadro 6 – Médias climatológicas locais de Natal	46
Quadro 7 – Análise laboratorial da água coletada pelo sistema do UNI-RN	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade de carga em L/ min de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$	27
Tabela 2 – Volume aproveitável de água da chuva por mês no sistema do UNI-RN	49
Tabela 3 – Balanço hídrico do sistema de coleta do UNI-RN	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA	13
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Gerais	14
1.3.2 Específicos	14
1.4 METODOLOGIA	14
1.4.1 Seleção da área de estudo	14
1.4.2 Ar condicionados	15
1.4.2.1 Cálculo da oferta de água dos ar condicionados	15
1.4.3 Água de chuva	16
1.4.3.1 Cálculo da oferta de água pluvial	16
1.4.4 Cálculo da demanda de água na região da análise	17
1.4.5 Dimensionamento dos componentes do sistema	18
1.4.5.1 Capacidade da cisterna	18
1.4.5.2 Superfície de coleta	18
1.4.5.3 Condutores	18
1.4.6 Qualidade da água	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 ÁGUA DA CHUVA	19
2.1.1 Aproveitamento de águas pluviais	19
2.1.2 Conceitos	20
2.1.3 Componentes do sistema de coleta da água da chuva	21
2.1.4 Caracterização dos sistemas de drenagem pluviais	26
2.1.5 Dimensionamento dos condutores horizontais	26
2.1.6 Dimensionamento dos condutores verticais	27
2.1.8 Aspectos qualitativos da água da chuva	30
2.1.9 Água da chuva na cidade de Natal-RN	30
2.2 ÁGUA PROVENIENTE DOS AR CONDICIONADOS	32
2.2.1 Funcionamento dos aparelhos de ar condicionado	32
2.2.2 Tipos de aparelhos de ar condicionado	33
2.2.3 Qualidade da água condensada por ar-condicionado	34

2.2.4 Sistemas de coleta de água condensada.....	36
2.2.5 Vazão média dos aparelhos de ar condicionado.....	38
3 ESTUDO DE CASO	41
3.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA	41
3.2 DADOS DA EDIFICAÇÃO.....	44
3.3 DADOS METEOROLÓGICOS DA ÁREA.....	45
3.4 ESTIMATIVA DA DEMANDA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA	46
3.5 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DOS AR CONDICIONADOS	47
3.6 ESTIMATIVA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA.....	48
3.7 ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA ARMAZENADA	49
3.8.1 Dimensionamento dos condutores horizontais	51
3.8.2 Dimensionamento dos condutores verticais	52
3.8.3 Dimensionamento do reservatório	53
4 RESULTADOS.....	55
5 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para o desenvolvimento e manutenção da vida. Desde os tempos mais antigos este recurso natural foi fator determinante para o sucesso de muitas civilizações. Historicamente, as maiores civilizações da antiguidade se desenvolveram as margens de grandes fontes de água potável, como a civilização egípcia, que se situou à beira do rio Nilo e a Mesopotâmia obtendo dos rios Tigre e Eufrates os recursos necessários para seu desenvolvimento.

Com o crescimento da população nos grandes centros e consequente aumento na demanda de recursos hídricos, e também devido as ocasionais secas que comprometem a disponibilidade de fontes tradicionais faz-se necessário o estudo de formas alternativas de obtenção de água para os diversos usos praticados.

Nesse trabalho serão destacadas duas dessas fontes que possuem grande potencial de retorno econômico com pouco investimento: a captação de águas pluviais e de condensação provenientes do funcionamento de aparelhos de ar-condicionado

Serão realizados os dimensionamentos de sistemas para a captação dessas águas, bem como projetos de integração dos mesmos com instalações prediais de água fria tradicionais. Além disso será avaliada a quantidade e a qualidade dos recursos obtidos com posterior sugestão de emprego.

A presente monografia visa viabilizar novas fontes de água, difundir e otimizar sua utilização de acordo com suas respectivas características.

1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA

A utilização de fontes de água descentralizadas ainda ocorre com pouca frequência em locais onde existe suprimento abundante desse recurso mineral. Esse fato contribui para que as fontes tradicionais de água ficam sobrecarregadas em épocas de seca, o que pode ocasionar rodízios no abastecimento e racionamentos.

Para evitar essas ocasiões, a busca de novas fontes de água para abastecimento e suprimento de diversas necessidades é de grande relevância.

1.2 JUSTIFICATIVA

O tema analisado foi escolhido para verificar a aplicabilidade das águas de chuva e condensadas por ar condicionados bem como a quantidade passível de obtenção na capital norte-rio-grandense. A obtenção de água através dessas fontes acarretará na diminuição do consumo de água das fontes principais, e facilitará a manutenção de níveis aceitáveis dos mesmos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Gerais

O presente trabalho tem como objetivo geral a popularização do aproveitamento de fontes descentralizadas de água no meio urbano

1.3.2 Específicos

Gerar base bibliográfica e um guia para o passo a passo para o projeto e dimensionamento de sistemas de captação combinadas da água da chuva e ar condicionado, contribuir para a diminuição da demanda de fontes tradicionais, fornecer noções da qualidade da água captada e indicações de uso dessas fontes e prezar pela sustentabilidade.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Seleção da área de estudo

A área analisada nesse estudo, para ambas as fontes de suprimento, foi o Campus do UNI-RN.

1.4.2 Ar condicionados

1.4.2.1 Cálculo da oferta de água dos ar condicionados

Foi determinada a quantidade de aparelhos de ar condicionado em função da potência em BTU.

Foram utilizados os dados obtidos no trabalho de Pimenta (2016) para definição dos volumes de água condensada dos aparelhos de ar condicionado captados pelo sistema de coleta de águas.

Para aparelhos cuja relação potência x vazão não fosse verificada por Pimenta (2016) foi realizada interpolação linear para obtenção dos dados.

Para se obter a disponibilidade (oferta) de água, foi considerado um tempo de funcionamento de cada máquina como sendo a carga horária média diária de aulas para alunos do curso de Engenharia Civil.

Para se verificar se a variação da umidade relativa do ar interfere na vazão de água produzida pelos condicionadores, também foram usados os dados dispostos por Pimenta (2016) que provou essa relação, ou seja, em umidades relativas maiores, por possuir mais partículas de água em suspensão no ar, o funcionamento dos aparelhos, gera maiores vazões.

As umidades relativas do ar foram obtidas através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através do projeto SONDA.

Com as vazões obtidas como função da potência de refrigeração (BTU) comparou-se com os valores encontrados na literatura pesquisada, conforme abaixo discriminado:

Por Rigotti (2014), na cidade de Panambi/RS, - vazão de 1L/h para um aparelho de 12.000 BTU. Por Lima et al (2015), na cidade de Cuiabá/MT - vazão de 2,00 L/h encontrada para 02 aparelhos com a potência de 24.000 BTU;

Por Fortes, Jardim & Fernandes (2015) feito na cidade de Resende/RJ, em que após cinco medições em um condicionador de ar de 12.000 BTU obteve uma vazão média de 0,309 L/h.

Evitou-se que o condicionador de ar ficasse ligado por longos períodos (mais de 10 horas seguidas durante o dia).

1.4.3 Água de chuva

1.4.3.1 Cálculo da oferta de água pluvial

Fez-se conhecer os dados pluviométricos da região, precipitação média anual, mensal ou diária:

Quadro 1 – Postos pluviométricos da Grande Natal

Posto	Latitude Sul	Longitude Oeste	Série Histórica	Responsável
Natal (Vila Naval)	5° 48' 00"	35° 13' 10"	1926-1977	EMPARN
Natal – UFRN	5° 50' 14"	35° 12' 28"	1984-2008	INMET
Natal – UFRN – LARHISA	5° 50' 33"	35° 11' 52"	2006-2008	LARHISA
Natal – Henrique Castriciano	5° 47' 38"	35° 11' 41"	1995-2008	EMPARN
Barreira do Inferno	5° 55' 32"	35° 09' 54"	1977-2008	CLBI
Base Física da EMPARN (Parnamirim)			1955-2008	EMPARN

Fonte: Plano... (2009).

Figura 1 – Localização das Estações Pluviométricas na Região Metropolitana de Natal



Fonte: Plano... (2009).

Também a área da cobertura (área de coleta) em m^2 e o coeficiente de escoamento superficial, o qual para coberturas de telhas cerâmicas e metálicas utiliza-se o valor entre 0,8 a 0,9.(FUNASA, 2015). O valor para C adotado nos procedimentos desse trabalho foi de 0,85.

O cálculo utiliza-se do método racional, recomendado para áreas de drenagem menores que $1,0 \text{ km}^2$ e tempo de concentração inferior a 20 minutos (naturalmente se adequa a qualquer cobertura). Seu uso se limita ao cálculo da vazão máxima gerada por uma chuva com intensidade constante e duração especificada igual ao tempo de concentração da área de drenagem, hipótese que pode ser admitida nos casos de pequenas áreas;

O método racional considera a situação mais desfavorável para a geração de deflúvios, ou seja, que a duração da chuva máxima é igual ao tempo de concentração.

$$V = P.A.C$$

Onde:

V = Volume de água de chuva aproveitável (m^3);

P = Precipitação média anual (metros);

A = Área de coleta (área da cobertura) (m^2);

C = Coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

1.4.4 Cálculo da demanda de água na região da análise

Para a água necessária para irrigação do jardim foi feito em campo, um levantamento da área de jardim com auxílio de uma trena e software de imagens por satélite.

Foi considerada a destinação de $1,5 \text{ L/m}^2$ de água para rega do jardim, a fim de quantificar a demanda para este fim (MACINTYRE, 2010).

Deve-se somar a esse cálculo a demanda de água para lavagem de equipamentos do laboratório de materiais de construção, sendo sugerido um consumo de 50 L/dia para efeitos de dimensionamento.

Não foi sugerido por esse trabalho a utilização da água para fins mais nobres, como o uso em banheiros ou consumo humano devido as características do sistema instalado, dessa forma não sendo necessários os dados de consumo per capita e população. Para consumo humano recomenda-se a análise prévia de um sistema de

captação de águas dotado de cloradores, filtros e descarte das primeiras águas.

1.4.5 Dimensionamento dos componentes do sistema

1.4.5.1 Capacidade da cisterna

Para se obter a capacidade da cisterna, foi utilizado uma comparação dos meses de menor chuva com o consumo encontrado. O dimensionamento das cisternas se deu pela soma desses déficits.

1.4.5.2 Superfície de coleta

A determinação das áreas da superfície de coleta se deu pela comparação de medidas encontradas pelo software Google Earth PRO com medições *in-loco* com auxílio de trena. A acurácia do método usando o software de imagens por satélite se demonstrou satisfatória.

1.4.5.3 Condutores

O dimensionamento dos condutores verticais e horizontais se deu pelo método estabelecido pela ABNT (1989) na NBR 10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais.

1.4.6 Qualidade da água

Foram elaboradas análises físico-químico-biológicas de cada amostra e comparadas com o padrão de potabilidade vigente (Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011) estabelecendo indicativos para o seu uso (lavagem de piso, banheiros, equipamentos e rega de jardim) e para consumo humano (exceto para beber por necessidade de mais dados).

Todas as análises de água dispostas nesse trabalho foram realizadas pelo laboratório Acquanalus, situado no Mandacarú Mall, sala 23, AV AYRTON SENNA, 389 Capim Macio – NATAL/RN.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÁGUA DA CHUVA

2.1.1 Aproveitamento de águas pluviais

A captação de águas da chuva é geralmente obtida através dos telhados e coberturas de edificações, tais estruturas são denominadas em projeto de área de captação, a cobertura conduz as águas captadas para as calhas e tubos de queda respectivamente. Na grande maioria das edificações os tubos de queda são direcionados ao solo de modo que a água oriunda das chuvas seja infiltrada no mesmo, dessa forma não há uso algum por parte da população desse volume.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2015): “O aproveitamento de água de chuva pode ser considerado um sistema descentralizado e alternativo de suprimento, que apresenta como vantagem a conservação dos recursos hídricos e atende ao princípio do saneamento ecológico”.

Dessa forma, essa modalidade de captação pode ser compreendida como uma forma de obtenção de água que não gera carga adicional as fontes primárias de água, e que não necessita de grandes estruturas para seu funcionamento. Entretanto a obtenção de águas pluviais deve ser feita corretamente para que essa fonte seja utilizada de maneira saudável.

É muito importante para garantir a potabilidade das águas pluviais obtidas dessa maneira que haja o descarte das primeiras águas de uma chuva, já que essas virão contaminadas com poeira, folhas, dejetos e restos de animais que possam ter se depositado nos telhados ao longo do tempo. Devido a isso é indispensável que seja instalado um dispositivo que faça o descarte dessas águas antes que se comece a armazená-las de fato. É recomendado o descarte de no mínimo 1 litro por m² ou 1mm da precipitação em questão, e que mesmo assim as águas obtidas após o descarte sejam fervidas ou cloradas antes do consumo (BRASIL, 2015).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2012) as principais vantagens do aproveitamento das águas da chuva são:

- Combate à escassez de água em períodos de estiagem ou de maior demanda, [...];
- Reduz o consumo de água potável na propriedade, e o custo de fornecimento

- da mesma;
- É gratuita, ou seja, não faz parte do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), portanto não tem valor econômico previsto em Lei (Art. 1º, Inc. II, Lei 9433/1997);
- Evita a utilização de água potável onde esta não é necessária, como por exemplo, na lavagem de piso [...], descarga de vasos sanitários, irrigação de hortas e jardins, etc, desonerando o abastecimento público;
- Apresenta a conveniência do suprimento (captação) acontecer no próprio local ou próximo do local de consumo;
- Contribui para uma melhor gestão e distribuição de águas nas regiões de produção intensiva[...];
- É de fácil manutenção, e possui tecnologias disponíveis flexíveis e adaptáveis a diferentes terrenos e propriedades;
- A água captada possui qualidade aceitável, principalmente se captada nos telhados;
- Contribui com a conservação de água, a autossuficiência e a uma postura ambientalmente correta perante os problemas ambientais existentes no meio rural.

2.1.2 Conceitos

Coberturas das edificações: lajes, ou telhados compostos por telhas cerâmicas, metálicas, plásticas e telhas ecológicas.

Cisterna: reservatório destinado a receber e conservar as águas pluviais podendo ser constituído por diferentes materiais tais como: pré-moldados de cimento, plásticos PVC ou PEAD, fibra de vidro, alvenaria e concreto armado

A cisterna tem sua aplicação em áreas de grande pluviosidade ou em áreas de seca onde se procura acumular a água do período chuvoso com o propósito de garantir, pelo menos, a água para beber.

Quando para beber, eliminar as primeiras águas de chuva, pois o escoamento inicial dessas águas na área de captação é suficiente para carregar poeiras, fuligens, folhas, galhos, entre outros detritos que se constituem numa possível fonte de contaminação. Assim sendo, é importante a instalação de um dispositivo de descarte dessas primeiras águas de modo a minimizar a contaminação da água a ser armazenada. Recomenda-se, no mínimo, a utilização de 1 litro por m² ou 1 mm da precipitação para o volume a ser descartado.

Conforme o professor Nelson Gandur Dacach (1975), para uma cobertura com 50 m² de área, seria necessário um pequeno reservatório de 50 litros com um pequeno orifício próximo a base com 0,5 cm de diâmetro. Esse reservatório seria alimentado por uma coluna vertical com uma derivação a meia altura para interligar a cisterna, tendo origem na calha da cobertura. O orifício referido acima garantiria um fluxo permanente para baixo, onde para chuvas de baixa intensidade, toda a água

precipitada seria encaminhada a esse pequeno reservatório. Chuvas de maior intensidade, a despeito de existir um contínuo fluxo para baixo, a vazão por esse orifício seria inferior a quantidade de água precipitada e coletada, o que faria uma elevação de nível, enchendo o pequeno reservatório e permitindo alimentar a cisterna.

A adução da água precipitada é realizada pelas calhas coletoras dispostas principalmente nos beirais da cobertura; condutos fechados e demais acessórios que transportam água à cisterna.

2.1.3 Componentes do sistema de coleta da água da chuva

Os sistemas de coleta de água da chuva podem ser divididos nas seguintes partes principais:

- Área de coleta, ou captação (telhados): As coberturas das edificações brasileiras são compostas na maioria dos casos por telhas cerâmicas, metálicas, fibrocimento e cimento amianto. Cada um desses materiais componentes possuem um coeficiente de escoamento superficial característico que influencia diretamente no cálculo do volume de captação. É responsável por captar as precipitações e direcioná-las aos coletores.

- Coletores (calhas e tubos de quedas): Os coletores dos sistemas de captação de água das chuvas são calhas e tubos de queda tradicionais (figura 2), apesar de ainda se encontrar calhas metálicas em alguns casos (figura 3), o mais comum é que ambos os componentes sejam de policloreto de vinila (PVC). A função desses componentes é conduzir a água captada nos telhados até uma zona de infiltração, galerias de águas pluviais ou reservatórios.

Figura 2 – Calha de beiral semicircular de PVC e tubo de queda



Fonte: Pedreira (2018).

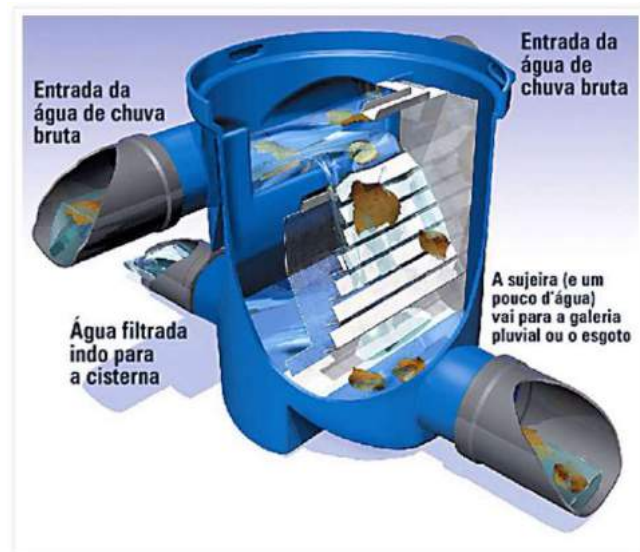
Figura 3 – Calha central retangular metálica



Fonte: WJ... (2018).

– Pré-filtro: Também conhecido como caixa retentora de folhas e detritos, sua função é reter impurezas de grandes dimensões, como folhas e sacos plásticos (Figura 4).

Figura 4 – Esquema de funcionamento de caixa retentora



Fonte: Ecocasa (2018).

– Clorador: Tem por finalidade desinfetar a água captada por meio da adição de cloro a mistura, existem no mercado diversos tipos de cloradores que atuam de forma autônoma nesse processo (Figura 5).

Figura 5 – Clorador de pastilhas



Fonte: Nautilus (2017).

– Filtro: Sua função é a remoção de partículas sólidas microscópicas e remoção de impurezas visando a diminuição da carga orgânica. Os materiais são retidos através de um meio poroso (FERREIRA, 2014). Um exemplo de filtro pode ser

visualizado na figura 6.

Figura 6 – Filtro de Partículas



Fonte: Indupropil (2017).

– Pescador: Visa coletar a água do reservatório próximo a superfície, onde não há material decantado nem flutuante que possa ter passado pelos filtros, ou adentrado o reservatório de alguma outra forma, seu uso limita-se a sistemas que possuem captação forçada (Bomba), já que onde a água é captada não há pressão piezométrica para externar a água do reservatório com vazão suficiente para a maioria dos usos.

Figura 7– Esquema de funcionamento do pescador



Fonte: ASBC (2017).

– Reservatórios: Os reservatórios desses sistemas podem ser constituídos de pré-moldados de cimento, PVC, polietileno de alta densidade (PEAD), (figura 8), fibra

de vidro, alvenaria (figura 9) e concreto armado.

Figura 8 – Reservatório de PEAD



Fonte: Acqualimp (2017).

Figura 9 – Reservatório em alvenaria



Fonte: UNESP (2017).

2.1.4 Caracterização dos sistemas de drenagem pluviais

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1989) os sistemas prediais de drenagem pluviais devem:

- a) recolher e conduzir a Vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais;
- b) ser estanques;
- c) permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação;
- d) absorver os esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidas;
- e) quando passivas de choques mecânicos, ser constituídas de materiais resistentes a estes choques;
- f) nos componentes expostos, utilizar materiais resistentes às intempéries;
- g) nos componentes em contato com outros materiais de construção, utilizar materiais compatíveis;
- h) não provocar ruídos excessivos;
- i) resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- j) ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade.

2.1.5 Dimensionamento dos condutores horizontais

O primeiro passo para o dimensionamento dos condutores (calhas e tubos de queda) é a determinação da vazão de projeto, para isso a ABNT(1989) recomenda a utilização da seguinte expressão:

$$Q = (I \times A) / 60$$

Onde:

Q: Vazão de projeto. (L/min)

I: Intensidade pluviométrica. (mm/h)

A: Área de contribuição. (m²)

Após a determinação da vazão de projeto, deve-se utilizar a tabela de capacidade de carga das calhas selecionadas. A tabela 1 demonstra a capacidade de carga de calhas semicirculares de diâmetros comerciais de acordo com o coeficiente de rugosidade dos materiais componentes da calha:

Tabela 1 – Capacidade de carga em L/ min de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$

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

Fonte: ABNT (1989).

O coeficiente de rugosidade para os principais materiais que compõem as calhas de nossas edificações comumente disponíveis no mercado é: para plásticos, fibrocimento, aço e metais não ferrosos $n=0,011$ (ABNT, 1989), portanto para a simplificação do processo pode-se utilizar a tabela citada acima, uma vez que para a determinação das capacidades das calhas é utilizada a fórmula de Manning-Strickler. Nota-se que para um mesmo diâmetro, pode-se aumentar consideravelmente a vazão comportada apenas pela alteração da inclinação da calha. A ABNT recomenda que a inclinação para calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme e não inferior a 0,5%.

2.1.6 Dimensionamento dos condutores verticais

Para o dimensionamento dos tubos de queda, a NBR 10844 estabelece a utilização de ábacos (Figura 8 e Figura 9) (ABNT, 1989), a determinação dos diâmetros é obtida através dos seguintes dados:

Q: Vazão de projeto

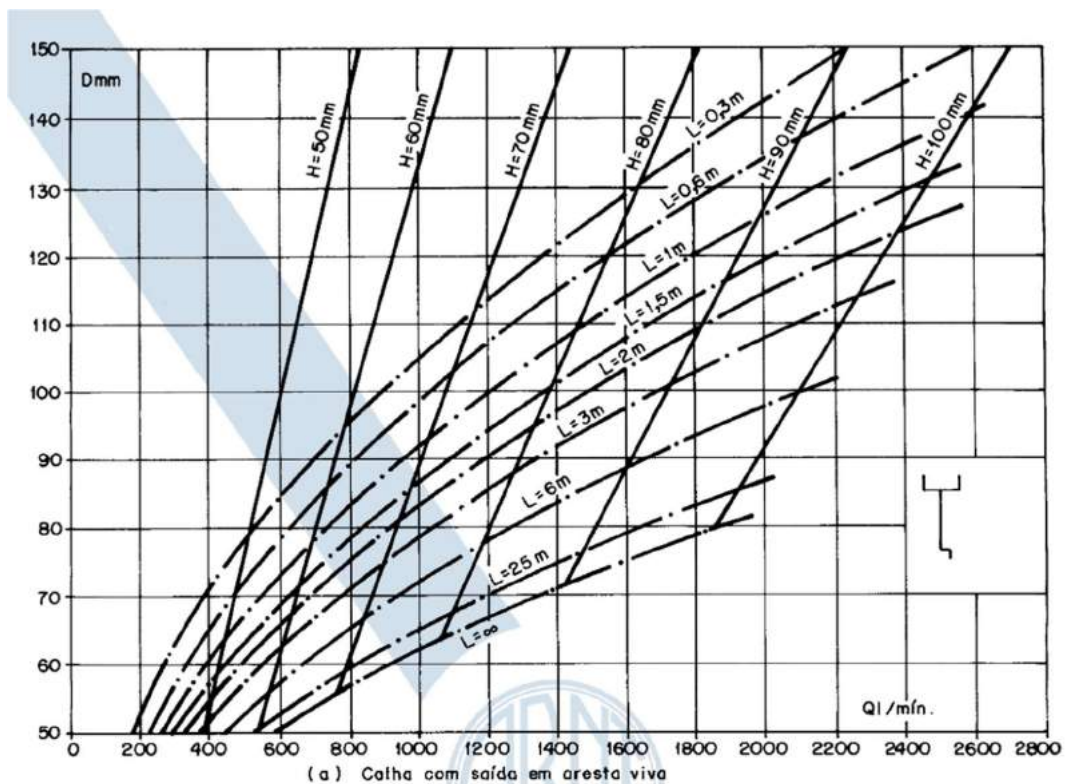
H: Altura da lâmina d'água na calha (mm)

L: Comprimento vertical (m)

O procedimento consiste em traçar uma linha vertical que sai do eixo das vazões e intercepta as curvas L e H. No ponto de cruzamento da vertical com a interseção mais alta de L ou H deve-se traçar uma linha horizontal que cruze o eixo dos diâmetros, e assim determina-lo.

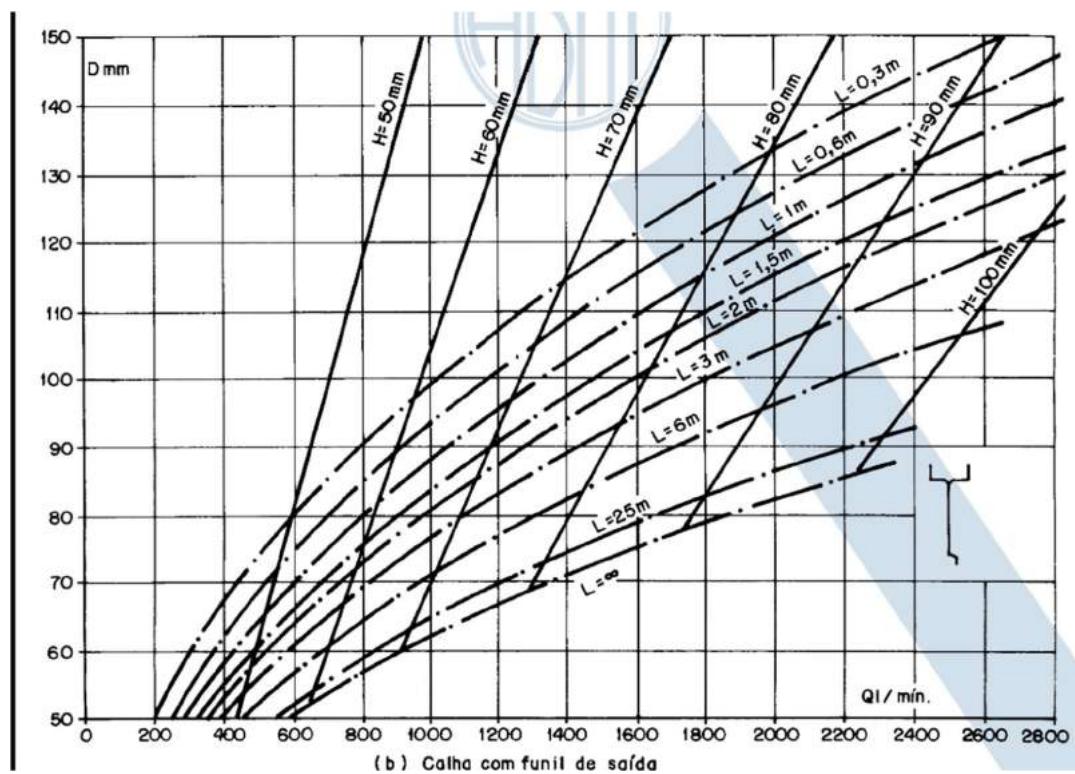
“Os ábacos foram construídos para condutores verticais rugosos (coeficiente de atrito $f = 0,04$) com dois desvios na base” (ABNT, 1989, p. 7). Os ábacos de dimensionamento podem ser encontrados nas figuras 10 e 11 desse trabalho.

Figura 10 – Ábaco de dimensionamento de condutores verticais com saída em aresta viva



Fonte: ABNT (1989).

Figura 11 – Ábaco de dimensionamento de condutores verticais com funil de saída



Fonte: ABNT (1989).

2.1.7 Dimensionamento dos reservatórios de coleta pluviométricos

Antes de realizar o dimensionamento do reservatório, deve-se calcular o volume mínimo de água de chuva necessário para atender uma determinada população.

Para isso a Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2015) utiliza para cálculo um consumo per capita de 22 litros/habitante-dia. Numa família de 4 indivíduos, por exemplo, teríamos um consumo mensal e anual de:

$$22 \text{ litros} \times 4 \text{ habitantes} \times 30 \text{ dias} = 2.640 \text{ litros/mês.}$$

$$22 \text{ litros} \times 4 \text{ habitantes} \times 365 \text{ dias} = 32.120 \text{ litros/ano}$$

Para regiões de seca, deve-se levar em consideração no cálculo o maior período de estiagem em um ano, multiplicando esse pelo consumo encontrado como demonstrado anteriormente, obtendo-se assim a demanda de água para o período sem chuvas.

O dimensionamento dos reservatórios que armazenarão as águas das chuvas se dará pela seguinte expressão:

$$V=P.A.c$$

Onde:

V: Volume aproveitável em m³

P: Precipitação média em m/ano, m/mês ou m/ano

A: área de coleta (cobertura) em m²

c: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional)

Deve-se atentar para o período de tempo utilizado no parâmetro “P” da equação, para que o volume encontrado seja correspondente a esse período.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2015), os valores de “c” adotados para coberturas de telhas cerâmicas ou metálicas devem ser compreendidos entre 0,8 e 0,9.

Feito o cálculo da demanda para o maior período de seca em um ano, o valor deve ser comparado a quantidade de água possível de obter em um ano, esse último

deve ser maior que o primeiro. Nota-se que uma maneira simples para aumentar o volume captado pelo sistema seria aumentar a área de cobertura, caso a demanda não seja atingida.

Em regiões com disponibilidade de água ficará a cargo do projetista decidir o volume de água desejável para armazenamento com base na demanda analisada.

2.1.8 Aspectos qualitativos da água da chuva

Na maioria dos casos a água da chuva possui boa qualidade, uma vez que a chuva é um fenômeno natural compreendido no ciclo das águas e decorre da evaporação da água condensada na crosta terrestre, o que pode ser visto como um processo de destilação natural. Durante esse processo a água é evaporada e devido a densidade das suas moléculas em estado de vapor ser menor que a do ar encaminha-se para a atmosfera, enquanto os poluentes que possam conter na mesma permanecem.

Após a formação das nuvens, que são a aglomeração dos vapores de água, esses se condensam durante a fase de condensação e posteriormente ocorre a precipitação, deve-se ter cuidado em grandes centros urbanos e zonas industriais pois a água pode captar poluentes suspensos na atmosfera e se tornar imprópria para consumo sem tratamento (EMBRAPA, 2012).

A respeito do pH da água, a EMBRAPA (2012, p. 10) faz as seguintes considerações:

O pH da água da chuva normalmente é neutro, variando de levemente ácido a levemente alcalino (5,8 a 8,6). Mas a composição da água da chuva pode ser alterada com compostos químicos presentes no ar, fazendo com que esse pH possa apresentar valores mais baixos, aumentando a acidez (chuva ácida), e podendo prejudicar plantações e alterar a qualidade dos solos onde ela se precipita.

Portanto quando a captação ocorrer nos casos supracitados é importante que haja um controle técnico adequado através de ensaios que determinem as características químicas das amostras.

2.1.9 Água da chuva na cidade de Natal-RN

De acordo com Motta (2004) Natal é uma cidade que possui clima quente e

seco, exceto na época de chuvas, quando passa a ser quente e úmido. Possui uma brisa permanente vinda do oceano, sempre a sudeste, característica da região nordeste brasileira e uma temperatura média de 26 °C. As chuvas se dão predominantemente no período de abril a julho, tendo seu ápice no mês de junho. Costumam ser chuvas rápidas e moderadas com duração máxima de 48 horas dotadas de 18 a 24 horas de intervalos, e obtendo média de precipitação anual de 1380 mm, que é o maior índice do estado do Rio Grande do Norte.

Tais características evidenciam ainda mais o potencial da captação de águas pluviais na capital norte-riograndense, que ao topo disso não possui zonas industriais de grande porte, ou que lancem grandes quantidades de resíduos químicos que possam contaminar as chuvas de toda a cidade. O aproveitamento dessas águas implicaria na diminuição da demanda exigida das fontes tradicionais da cidade e contribuiria para a diminuição da escassez hídrica que a região metropolitana enfrenta nos últimos anos.

A água pluvial coletada na cidade de Natal foi constatada como própria para o consumo humano, vale salientar que a coleta se deu em um bairro residencial com predominância de habitações unifamiliares.

Através da análise demonstrada no quadro 2, podemos concluir que a amostra de água coletada no bairro de Lagoa Nova, região metropolitana de Natal é própria para consumo humano, possuindo inclusive quantidade satisfatória de eletrólitos, podendo ser usada para beber segundo a portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que regulamenta os padrões de potabilidade das águas (ANEXO A).

Quadro 2 – Análise laboratorial da chuva no bairro de Lagoa Nova

PARÂMETROS	LIMITES DETECTADOS	V.M.P ¹	ÁGUA PLUVIAL
FÍSICO-QUÍMICA			
COR APARENTE, UH ²	15,00	15,00	7,00
TURBIDEZ, UT ³			
PH	N.A	6,00 à 9,50	7,60
CONDUTIVIDADE ELETRICA, µs/cm a25°C	N.A	N.D	191,60
AMÔNIA, mg/1NH ³	0,24	1,50	0,85
NITRITO, mg/1 deN	0,02	1,00	0,003

NITRATO, mg/1 de N	0,24	10,00	0,04
FERRO, mg/1 Fé ^{II}	0,04	0,30	0,02
CLORETO, mg/1CL-	0,49	250,00	49,98
FOSFATO, mg/1 de P	0,005	N.D	0,73
MICROBIOLÓGICO			
Coliformes termotolerantes, NMP 100mL	N.A	AUSENTE	Ausente
Coliformes totais , NMP 100mL	N.A	AUSENTE	Ausente
(1)Valores máximos permitidos, conforme portaria nº2914 de 12/12/2011 (2)Unidade Hazen (mg Pt-Co/L) (3)Unidade de Turbidez N.D- Limite não definido pela legislação em vigor LAUDO TÉCNICO: A AMOSTRA ANALISADA ENCONTRA-SE SATISFATORIA PARA CONSUMO HUMANO.			

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

2.2 ÁGUA PROVENIENTE DOS AR CONDICIONADOS

2.2.1 Funcionamento dos aparelhos de ar condicionado

As bases de funcionamento que fundamentam os aparelhos de ar condicionado modernos foram registradas em 1902 pelo engenheiro norte americano Willis Carrier, que desenvolveu durante sua carreira o conceito de climatização (CARRIER..., 2017).

O funcionamento desses aparelhos é baseado nas leis da termodinâmica, comprimindo e variando estados físicos e pressão de um gás refrigerante geralmente o R-22 ou o gás ecológico R-410A que devido a isso varia a sua temperatura, resfriando ou aquecendo o ar do cômodo onde o aparelho está instalado. O processo de funcionamento detalhado desses aparelhos se dá da seguinte forma:

O ar do ambiente é sugado por um ventilador e atravessa um evaporador, passando em volta de uma serpentina cheia de R-22, substância refrigeradora à temperatura de 7 °C e em estado líquido. Em contato com a serpentina gelada, o ar se resfria e volta para a sala.

Ao absorver o calor do ar, o R-22 muda de estado dentro da serpentina e vira gás, entrando depois num compressor elétrico. Essa peça, que produz o barulho do ar-condicionado, comprime o R-22 até que, sob alta pressão, ele vire um gás quente, a 52 °C.

Esse gás entra numa outra serpentina, do lado de fora do aparelho, chamada condensador. Mais quente que o ambiente externo (C), o R-22 se resfria um pouco. Com isso, ele vira líquido de novo mesmo antes de chegar aos 7 °C, pois está sob alta pressão. Um outro ventilador sopra o ar quente que sobrou para a rua.

O R-22 (em estado líquido por causa da alta pressão) entra numa válvula de expansão, espécie de orifício onde o líquido perde pressão rapidamente e se resfria até os 7 °C que o mantém em estado líquido. A partir daí, o ciclo recomeça todo de novo (REDAÇÃO..., 2011).

O resfriamento do gás resfria também a serpentina que o contém, que por sua vez ocasiona a queda de temperatura do ar ao redor da mesma, fazendo com que a água em estado de vapor contida no ar se condense, ocasionando assim o gotejamento característico do funcionamento desses aparelhos.

2.2.2 Tipos de aparelhos de ar condicionado

A classificação dos aparelhos de ar condicionado pode se dar quanto a utilização, que engloba os tipos residenciais, automotivos, comerciais, industriais ou hospitalares, e quanto a capacidade refrigeradora, que os classificam como pequeno, médio e grande porte. A unidade de medida da capacidade de refrigeração adotada na maioria dos países é a BTU (British Thermal Unit, ou unidade térmica britânica), para se ter noção das dimensões dessa unidade, um aparelho tipo janela ou split hi-wall, que são os mais comuns em residências e comércios possuem capacidade térmica de até 30.000 BTUs, sendo mais frequentes os de 9.000 BTUs, já em instalações feitas em ambientes de médio a grande porte a capacidade individual dos aparelhos pode chegar aos 80.000 BTUs (ANTONOVICZ; WEBER, 2013 *apud* PIMENTA, 2016, p. 2).

Com a evolução da tecnologia, foram surgindo diversos tipos de equipamentos de condicionamento do ar, apesar disso esses equipamentos funcionam seguindo os mesmos princípios idealizados por Carrier, variando apenas a disposição de seus componentes. Os principais tipos de Ar-Condicionado residenciais e comerciais são: Split (hi-wall, cassete e piso-teto), dutado e de janela. A principal diferença entre esses tipos citados é a forma de instalação, formato e capacidade de refrigeração. Ainda, recentemente surgiram os aparelhos do tipo inverter, que consomem cerca de 40% menos energia que os convencionais (KOMEKO, 2016).

O compressor Inverter opera com velocidade de rotação variável, sem desligar o tempo todo. Em vez de dar picos de energia para ligar e desligar, ele se mantém estável. Isso faz com que a temperatura não oscile no ambiente e não haja a necessidade de gastar mais energia ligando e desligando o compressor. É esta a grande diferença que faz do modelo Inverter um aliado da economia (KOMEKO, 2016).

2.2.3 Qualidade da água condensada por ar-condicionado

Em seu funcionamento, é natural que equipamentos de ar-condicionado condensem água oriunda da umidade do ar, geralmente essa água é descartada sem proveito algum, e tal descarte se feito de forma irregular pode gerar alguns problemas, como criação de buracos no solo ou em pisos devido ao gotejamento constante, o que pode acarretar em situações ainda mais graves, como por exemplo se o piso onde ocorre o gotejamento for constituído de uma laje em concreto armado, o gotejamento pode expor a armadura, causando a corrosão da mesma pela diferença de potencial entre o ar e o concreto.

Entretanto, ao realizarmos a análise da água de um desses aparelhos de ar-condicionado, constatamos que a mesma é potável e própria para consumo, ou seja, estamos desperdiçando incontáveis litros de água gerada por esses equipamentos diariamente, além disso uma edificação com uma instalação que evite os gotejamentos e por consequencia as patologias deles derivadas estaria economizando recursos que viriam a ser necessários no caso de uma necessidade de manutenção corretiva com tratamento das armaduras e do concreto afetado.

No quadro 3 pode-se visualizar os parametros de potabilidade da água coletada e a comparação dos parâmetros encontrados com a Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (ANEXO A).

Quadro 3 – Análise laboratorial da água proveniente de um aparelho de ar condicionado Split hi-wall de 9.000 BTUs

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

PARÂMETROS	LIMITES DETECTADOS	V.M. P ¹	ÁGUA AR- CONDICIONADO
FÍSICO-QUÍMICA			
COR APARENTE, Uh ²	15,00	15,00	4,00
TURBIDEZ, UT ³	5,00	5,00	0,17
PH	-	6,00 a 9,50	6,30
CONDUTIVIDADE ELETRICA µs/cma25°C	-	N.D	9,36
AMÔNIA, mg/1NH ³	0,24	1,50	1,42
NITRITO, mg/1 deN	0,02	1,00	0,002
NITRATO, mg/1 de N	0,24	10,00	0,00
FERRO, mg/1 Fe ⁺⁺	0,04	0,30	0,01
CLORETO, mg/1CL-	0,49	250,00	8,00
FOSFATO, mg/1 de P	0,005	N.D	0,00
MICROBIOLÓGICO			
Coliformes termotolerantes, NMP 100mL	-	-	Ausente
Coliformes totais, NMP 100mL.	-	-	Ausente
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011. (2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L) (3) Unidade de Turbidez N.D- Limite não definida pela legislação em vigor LAUDO TÉCNICO: A AMOSTRA ANALISADA ENCONTRA-SE SATISFATORIA PARA CONSUMO HUMANO.			

Os parâmetros observados na análise acima estão todos de acordo com a portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 (Anexo A), portaria esta que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Ao observarmos a tabela podemos perceber que a água analisada atinge padrões de potabilidade que não podem ser igualados pelo da água distribuída na cidade de Natal, que em grande parte de seus bairros está contaminada por nitrato, substância nociva a saúde humana.

Entretanto, o líquido em questão é pobre em eletrólitos, possuindo valor nutricional reduzido, logo, não é recomendado o uso exclusivo dessa água para beber,

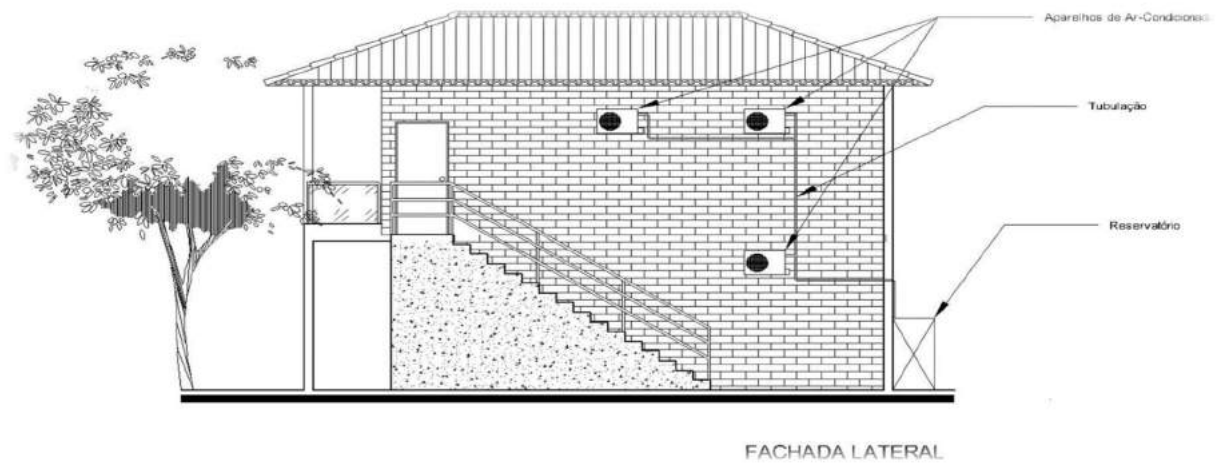
mas essa pode ser usada sem restrições na cozinha, onde a adição de sal e outros alimentos corrigirá tal falta de eletrólitos. Fazendo isso, deixaríamos de utilizar água contaminada no preparo de alimentos e passaríamos a usar água limpa antes descartada caso a qualidade dessa seja comprovada através de mais estudos.

2.2.4 Sistemas de coleta de água condensada

Tendo sido provado valor da água proveniente dos ar-condicionados, faz-se necessário um sistema de coleta dessa água para o aproveitamento. Um sistema simples para aproveitamento pode ser fabricado artesanalmente com custo reduzido, entretanto fizemos um projeto ilustrativo de um sistema para construções que possuam vários aparelhos de ar-condicionado, que despejarão o líquido condensado em tubos de queda, que o conduzirá a um reservatório onde será feito o armazenamento (figura 12).

O dimensionamento desse sistema dependerá da quantidade de aparelhos, bem como sua capacidade térmica (geralmente medida em BTUs), para exemplo, foi utilizado nos nossos experimentos um aparelho do tipo Split-System da marca Samsung, fabricado em 2012, de 9.000 BTUs. Este gera por volta de 7 litros d'água durante 8 horas de funcionamento, multiplicaremos esse numero de litros gerados pelo número de aparelhos de ar-condicionado de forma proporcional a quantidade de horas que esses estarão em funcionamento.

Figura 12 – Sistema de aproveitamento de água de ar-condicionado em um edifício de dois pavimentos



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Dependendo do uso destinado a água, o sistema esquematizado acima pode ser acrescido de uma bomba e também de tubulação que destine a água para as áreas em que for utilizada, como a cozinha ou o jardim.

No caso de edificações com apenas um aparelho, pode se construir um sistema de coleta da água de baixo custo, o qual consiste de um tubo de PVC vindo do dreno do ar condicionado e um reservatório plástico (Figura 13 e Figura 14). A destinação da água após seu confinamento no reservatório terá que ser realizada de forma manual, uma vez que estamos falando de um sistema de baixo custo e simples confecção.

Figura 13 – Aparelho de ar-condicionado com sistema de coleta



Fonte: Arquivo do autor (2015).

Figura 14 – Coletor de água do ar-condicionado



Fonte: Arquivo do autor (2015).

As Figuras 13 e 14 são de um sistema de coleta de baixo custo instalado numa residência situada no 11º andar de um prédio, nela, a água do ar condicionado é direcionada para a parede oposta através de um tubo de PVC que a canaliza para um reservatório com capacidade de 10L demonstrado acima. O reservatório quando cheio é esvaziado manualmente e a água utilizada para regar plantas e para a limpeza do apartamento. O sistema foi derivado de uma das regras do condomínio que proíbe o gotejamento livre dos aparelhos de ar condicionado.

2.2.5 Vazão média dos aparelhos de ar condicionado

Partindo do princípio de que um dos principais fatores que influenciam na condensação de água pelos ar condicionados é a umidade relativa do ar, grandeza essa que demonstra o percentual de água em suspensão no ar de um determinado local em relação a capacidade máxima de água que pode ser contida nesse ar a uma determinada temperatura (MOTTA, 2004 *apud* PIMENTA, 2016, p. 4), é necessário destacar que para diferentes locais com diferentes condições meteorológicas a vazão, isto é, volume de água produzido por unidade de tempo se comportará de maneira diferente.

Na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Pimenta (2016) relacionou

aparelhos de diferentes potências com sua respectiva produção de água, seus resultados estão expostos no quadro 4.

Quadro 4 – Vazão do condicionador de ar referente ao respectivo BTU

BTU	Vazão (L/h)
7.000	0,84
7.500	0,95
9.000	1,04
12.000	1,06
18.000	1,13
22.000	1,44
24.000	2,25
36.000	0,92 / 4,18
48.000	4,03

Fonte: Pimenta (2016).

Os valores encontrados se basearam em 24 medições executadas nos aparelhos de diferentes capacidades térmicas e foram executadas de acordo com o quadro 5.

Quadro 5 – Quantidade de medições de vazão feitas para cada tipo de potência de refrigeração (BTU)

.BTU	Medições
7.000	3
7.500	2
9.000	4
12.000	2
18.000	2
22.000	2
24.000	2
36.000	5
48.000	2

Fonte: Pimenta (2016).

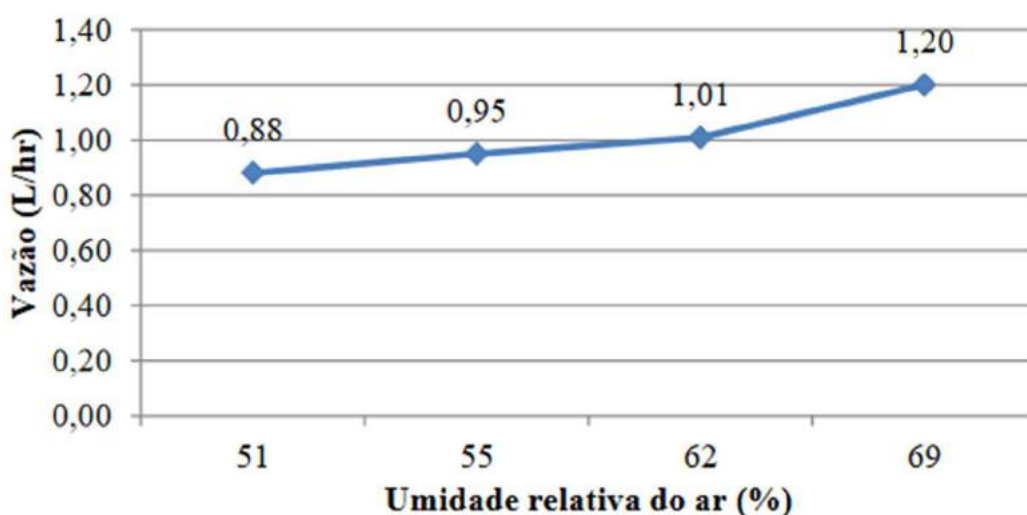
Já Rigotti (2014), encontrou na cidade de Panambi no Rio Grande do Sul uma vazão de 1 L/h para um aparelho de 12.000 BTUs, além disso foi realizado um cálculo de vazão estimada que resultou em uma diferença de cerca de 20% do valor real.

Para Sousa et al. (2015), foi encontrada uma vazão de 0,750 L/h na cidade de São Luiz, capital do Maranhão. O Número foi encontrado através da média aritmética da medição de 4 aparelhos de 9.000 BTUs instalados num mesmo condomínio. No condomínio em questão foi encontrada uma vazão mensal de 46.035 L/ mês, levando em consideração um uso médio por aparelho de 10 horas ao dia, e a presença de 198 condicionadores de ar na área do estudo. Vale lembrar que a vazão considerada por Sousa et al. (2015) é a mesma para os 198 aparelhos, que também foram considerados como sendo de 9.000 BTUs para simplificação do processo.

O fato de que o índice de umidade relativa do ar ser diretamente proporcional a vazão dos aparelhos condicionadores de ar pode ser verificado ainda no trabalho de Pimenta (2016), que efetuou medições para umidades em 51%, 55%, 62% e 69% encontrando uma relação entre a vazão em L/h e a umidade fornecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O gráfico 1 ilustra a relação supracitada.

Gráfico 1 – Comportamento da vazão referente a variação da umidade relativa do ar



Fonte: Pimenta (2016).

3 ESTUDO DE CASO

3.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema de coleta de águas pluviais e ar-condicionado analisado no presente trabalho foi instalado no laboratório de Geologia e Solos do curso de Engenharia Civil do UNI-RN e idealizado pelo autor do presente trabalho sendo objeto de estudo de um projeto de iniciação científica sob orientação do Professor PhD. Fábio Sérgio da Costa Pereira.

A instalação contempla coletores horizontais semicirculares com diâmetro de 100 mm, coletores verticais também de 100 mm, conexões e um reservatório de polietileno enterrado com capacidade nominal de 5.000 L, em virtude do posicionamento enterrado do reservatório, a tampa de poliuretano fora substituída por uma confeccionada *in-loco* de concreto. Os aparelhos de ar-condicionado adotados no laboratório de Geologia e Solos são 4 do tipo split-system hi-wall da marca Carrier, com capacidade térmica de 30.000 BTUs cada.

Para uso da água foi instalada uma bomba submersa, a atual aplicação da água obtida é na rega do jardim e lavagem de equipamentos do laboratório de materiais de construção.

Não foram instalados componentes do sistema que visam a melhoria da qualidade da água para consumo humano, como o pescador, clorador, filtro de partículas e elementos de pré-filtro.

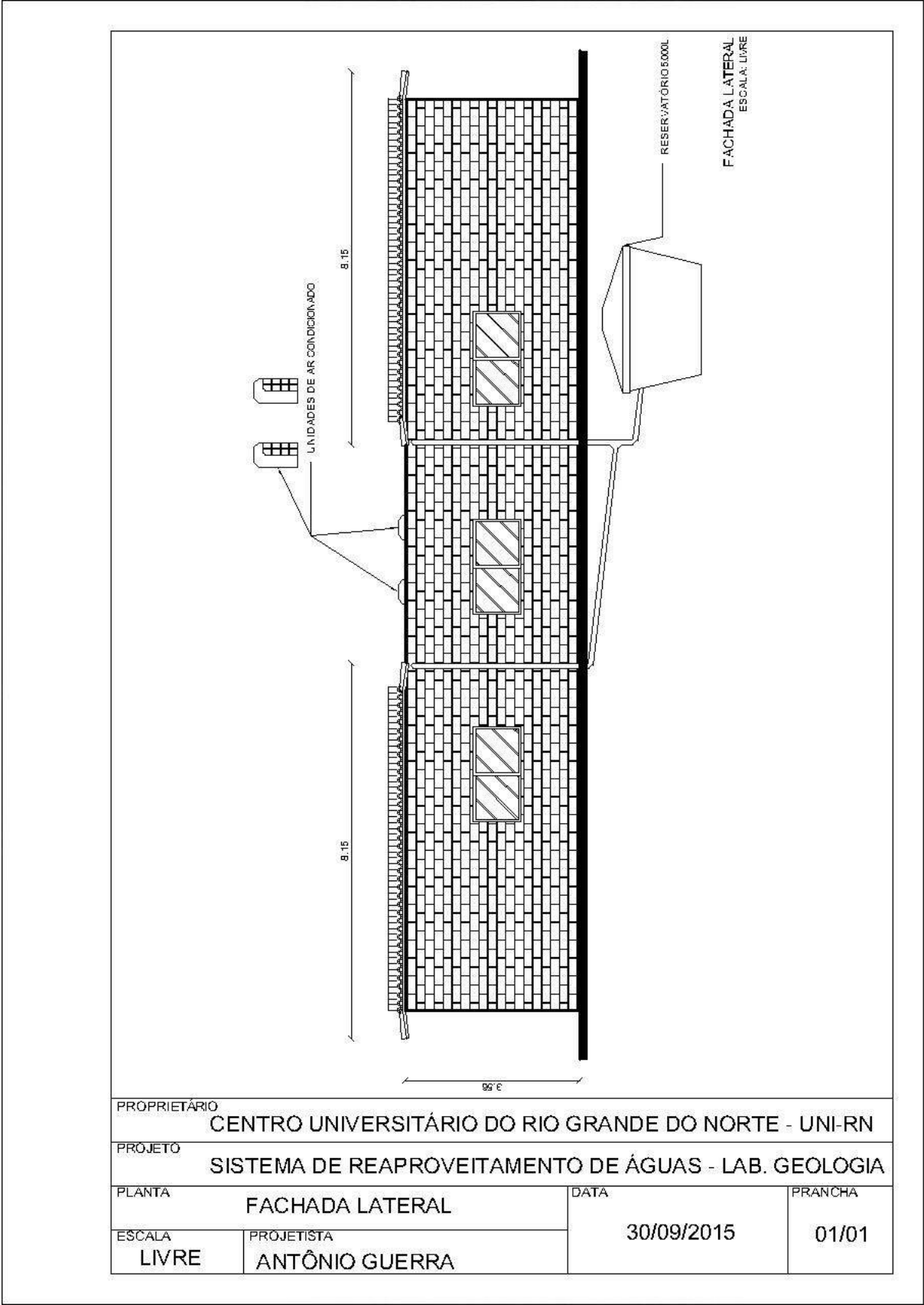
Diferentemente do projeto inicial, onde se optava pela instalação de reservatórios separados e situados acima do solo para cada cobertura, a versão implementada do projeto contou com apenas um reservatório de maior capacidade.

Figura 15 – Elementos Componentes do Sistema Instalado no UNI-RN



Fonte: Arquivo do autor (2016).

Figura 16 – Projeto do Sistema de aproveitamento de Águas do UNI-RN



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

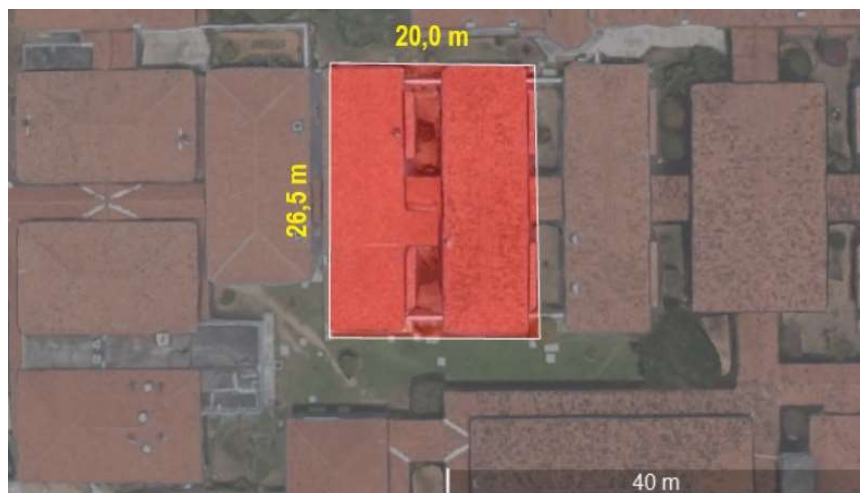
3.2 DADOS DA EDIFICAÇÃO

Para a acomodação dos laboratórios do novo curso de Engenharia Civil implementado no UNI-RN no ano de 2014 foi realizada uma reforma que unificou dois prédios do bloco Mercúrio da universidade, essa reforma deu origem aos laboratórios de Geologia e Solos e o de Instalações Prediais, entretanto a cobertura dessas edificações não sofreu alterações, sendo implantada apenas uma laje impermeabilizada entre os blocos devido a curta distância entre os mesmos. A alternativa a isso seria a execução de uma nova cobertura para toda a nova edificação, o que seria consideravelmente mais oneroso devido a custos de desmontagens das coberturas antigas e novo projeto de cobertura e materiais adicionais.

Ambas as coberturas possuem 4 águas sendo que em uma das águas de cada cobertura não ocorre nenhum tipo de coleta para armazenamento, além disso, metade da água captada pela laje entre as duas coberturas deságua do lado oposto ao que o sistema está instalado, dessa forma a área de coleta do sistema será caracterizada pelas 4 águas dotadas de calhas e metade das águas coletadas pela laje impermeabilizada em questão. Realizando a soma das áreas em que há contribuição para a captação de águas pelo sistema instalado obtemos 355m²

Cada segmento da cobertura possui 8,15m de largura por 26,5m de comprimento, sendo a largura de ambas as coberturas somada a da laje igual a 20,0m.

Figura 17 – Localização e dimensões da edificação analisada



Fonte: Arquivo do autor (2018).

Figura 18 – Área de coleta de águas da chuva



Fonte: Arquivo do autor (2018).

Figura 19 – Laje impermeabilizada entre as coberturas



Fonte: Arquivo do autor (2018).

3.3 DADOS METEOROLÓGICOS DA ÁREA

De acordo com os dados obtidos do Sistema Organizacional Nacional de Dados Ambientais (INEP, 2018), projeto desenvolvido pelo INPE, os dados de médias mensais climatológicas da cidade de Natal são evidenciados na tabela 9.

Quadro 6 – Médias climatológicas locais de Natal

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura Máxima (°C)	31,2	30,5	30,3	29,8	29,1	28,2	27,7	27,9	25,6	29,5	29,7	30,2
Temperatura Mínima (°C)	24	23,8	23,3	22,8	22,3	21,5	20,8	20,7	21,8	22,7	23,1	23,6
Temperatura Média (mm)	27	27,2	27	26,6	26	24,9	24,3	24,3	25,1	26	26,4	26,7
Precipitação Média (mm)	55	70	190	265	240	200	200	110	60	20	20	25
Umidade Relativa (%)	74,8	75	77,3	79,9	80	81,3	80,5	78	75,4	74,4	75,4	74,8

Fonte: INEP (2018).

Dessa forma podemos obter a média de precipitação anual através da soma das médias mensais encontrando o valor de 1455 mm/ano, além de perceber que o mês de abril é o que possui a maior média mensal de precipitação, enquanto os meses de outubro e novembro possuem a menor.

3.4 ESTIMATIVA DA DEMANDA DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA

Para estimarmos a demanda de utilização de água na região analisada é possível estimar a área de jardim nas imediações dos laboratórios através da ferramenta polígono do software Google Earth PRO, o valor encontrado para tal área foi de 339 m². Para a atividade de lavagem de equipamentos do laboratório de materiais de construção não há nenhuma sugestão específica de consumo diário na bibliografia analisada, porém para esse fim podemos sugerir um consumo diário de 50 L/dia.

Figura 20 – Área de jardim utilizada no cálculo de demanda de água



Fonte: Arquivo do autor (2018).

Em seguida utilizando as proposições de Macintyre (2010) multiplicaremos a área de rega de jardim pelo consumo diário de 1,5 L/m², obtendo assim o volume necessário de água para essa atividade em um dia:

$$311 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ L/m}^2 = 466,5 \text{ L/dia}$$

E então para alcançarmos a demanda total para os fins estudados soma-se os 50 L/dia para a lavagem de equipamentos com os 466,5 L/dia para a rega de jardim, obtendo-se o valor de 516,5 L/dia

Multiplicando o valor encontrado pelos 365 dias do ano tem-se a demanda anual de água, que resulta em 188.522,5 L:

3.5 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DOS AR CONDICIONADOS

Interpolando linearmente os valores de produção de água dos aparelhos de ar condicionado dispostos por Pimenta (2016) encontramos a produção para um aparelho de 30.000 BTUs como os que estão instalados no laboratório de 3,08 L/h.

Supondo o funcionamento simultâneo de todos os aparelhos de ar condicionado contribuintes para o sistema durante 5 horas diárias, valor correspondente a um período de aulas na universidade, podemos obter o volume

diário de água condensada:

$$3,08 \text{ L/h} \times 4 \text{ aparelhos} \times 4\text{h/dia} = 49,28 \text{ L/dia}$$

Tomando por base um mês padrão com média de 20 dias úteis podemos obter a produção mensal de água pelos condicionadores de ar analisados:

$$49,28 \text{ L/dia} \times 20 \text{ dias} = 985,6 \text{ L/mês}$$

Considerando um ano letivo padrão de 200 dias, da mesma maneira é possível obter a produção anual de água pelos aparelhos de ar condicionados dos laboratórios:

$$49,28 \text{ L/dia} \times 200 \text{ dias} = 9.856 \text{ L/ano}$$

3.6 ESTIMATIVA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

Como descrito no item 4.2 do presente trabalho, a área de coleta da edificação analisada foi de 355 m². Os dados meteorológicos da região dispostos no item 4.3 evidenciam uma precipitação média anual de 1455 mm/ano, e utilizando o valor de “c” recomendado pela FUNASA (2014) para coberturas de telhas cerâmicas igual a 0,85 obtemos o volume anual aproveitável de:

$$V = 1,455\text{m} \times 355\text{m}^2 \times 0,85 = 439,0463 \text{ m}^3, \text{ ou } 439.046,35 \text{ L}$$

Da mesma forma podemos obter os volumes mensais aproveitáveis (tabela 4) utilizando os dados de precipitação média mensal do quadro 6. Vale lembrar que a produção evidenciada nesse trabalho é levando em conta a precipitação média fornecida pelo projeto SONDA, ou seja, haverão anos em que um mesmo mês pode chover mais ou menos.

Tabela 2 – Volume aproveitável de água da chuva por mês no sistema do UNI-RN

Mês	Precipitação Média (m)	Área da cobertura (m²)	c	Volume aproveitável de água (m³)	Volume aproveitável de água (L)
Jan	0,055	355	0,85	16,59625	16596,25
Fev	0,070	355	0,85	21,1225	21122,50
Mar	0,190	355	0,85	57,3325	57332,50
Abr	0,265	355	0,85	79,96375	79963,75
Mai	0,240	355	0,85	72,42	72420,00
Jun	0,200	355	0,85	60,35	60350,00
Jul	0,200	355	0,85	60,35	60350,00
Ago	0,110	355	0,85	33,1925	33192,50
Set	0,060	355	0,85	18,105	18105,00
Out	0,020	355	0,85	6,035	6035,00
Nov	0,020	355	0,85	6,035	6035,00
Dez	0,025	355	0,85	7,54375	7543,75

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

3.7 ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA ARMAZENADA

Para a análise qualitativa da água armazenada foi coletada uma amostra de 500 ml, a coleta se deu em uma seção intermediária do reservatório, para que a amostra não fosse contaminada por contaminantes flutuantes ou decantados. A amostra, assim como as demais realizadas nesse trabalho foi analisada pelo laboratório Acquanalous. Na tabela 10 pode-se verificar os parâmetros encontrados.

Como evidenciado pelos valores encontrados em laboratório, e seguinte comparação com os máximos permitidos pela portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 (Anexo A) podemos concluir que a amostra de água obtida do sistema instalado no UNI-RN é própria para o consumo humano, mesmo sem a instalação de elementos filtrantes e purificantes, entretanto como foram constatados coliformes totais e não termotolerantes recomenda-se a fervura da água anterior ao seu consumo.

Vale salientar que apesar da análise satisfatória não é recomendado que a água analisada seja utilizada para consumo direto sem o devido tratamento por filtros e cloradores, já que como não é feito o descarte das primeiras águas no sistema em

questão, contaminações podem afetar a água armazenada a qualquer momento, essas não seriam combatidas por não haverem elementos para tratamento da água instalados.

A tabela a seguir exibe os resultados encontrados:

Quadro 7 – Análise laboratorial da água coletada pelo sistema do UNI-RN

PARÂMETROS	LIMITES DETECTADOS	V.M.P ¹	SISTEMA DO UNI-RN
FÍSICO-QUÍMICA			
COR APARENTE, U _h ²	15,00	15,00	7,00
TURBIDEZ, U _T ³	5,00	5,00	0,00
PH	N.A	6,00 à 9,50	6,80
CONDUTIVIDADE ELETRICA, $\mu\text{s/cm}$ a25°C	N.A	N.D	45,70
AMÔNIA, mg/1NH ³	0,24	1,50	0,33
NITRITO, mg/1 de N	0,02	1,00	0,004
NITRATO, mg/1 de N	0,24	10,00	0,02
FERRO, mg/1 Fé ^{II}	0,04	0,30	0,01
CLORETO, mg/1CL-	0,49	250,00	17,99
FOSFATO, mg/1 de P	0,005	N.D	0,03
MICROBIOLÓGICO			
Coliformes termotolerantes, NMP 100mL	N.A	AUSENTE	Ausente
Coliformes totais , NMP 100mL	N.A	AUSENTE	Presente
(1)Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011 (2)Unidade Hazen (mg Pt-Co/L) (3)Unidade de Turbidez N.D- Limite não definido pela legislação em vigor LAUDO TÉCNICO: A AMOSTRA ANALISADA ENCONTRA-SE SATISFATORIA PARA CONSUMO HUMANO MEDIANTE FERVURA.			

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

3.8 DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES

Nesse item serão feitos os dimensionamentos dos componentes do sistema de coleta de água da chuva e de ar condicionado, os valores encontrados serão comparados com as dimensões atualmente instaladas.

3.8.1 Dimensionamento dos condutores horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais deve-se primeiramente calcular a vazão de projeto para a edificação analisada seguindo os procedimentos descritos em 2.1.5. Para isso é necessário que determinemos a intensidade pluviométrica da região em mm/h. Nesse cálculo será utilizada a equação geral de chuvas intensas em natal proposta no Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais – Natal RN (2011).

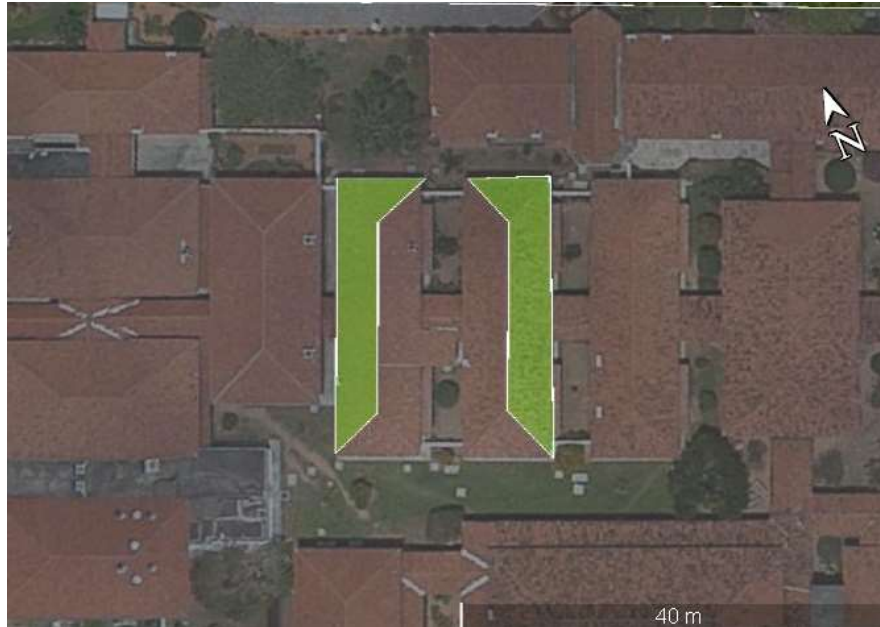
$$i = \frac{502.47 * T^{0.1431}}{t + 10.8^{0.6060}}$$

Onde i é a intensidade pluviométrica em mm/h, T é o tempo de retorno em anos e t é a duração da chuva em minutos. A NBR 10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais (1989) fixa o valor de t em 5 minutos, enquanto sugere que para coberturas utilize-se um tempo de retorno (T) de 5 anos, dessa forma a intensidade pluviométrica encontrada será de 68,5441mm/h.

A partir desse dado é possível obter a vazão de projeto, entretanto essa vazão será determinada para cada uma das coberturas, tendo em vista que cada uma possui seu condutor vertical separado. Ainda, devemos observar que a área de cobertura que influenciará nesse cálculo será somente aquela das águas do telhado que conduzem a chuva para as calhas, que é de 101,2 m² para cada cobertura :

$$\frac{68.5441 * 101.2}{60} = 115,6110 \text{ l/min}$$

Figura 21 – Área de coleta captada por calhas semicirculares



Fonte: Arquivo do autor (2018).

Em posse da vazão de projeto, podemos utilizar a tabela 1 que refere-se a calhas compostas por materiais com índice de rugosidade $n=0,011$ (plástico, fibrocimento, aço e metais não ferrosos) para obtermos o diâmetro e inclinação das calhas, o que resultaria na aplicação de uma calha de 100mm a uma declividade mínima de 0,5% (mínimo permitido pela norma vigente), com capacidade máxima de carga de 130 L/min.

3.8.2 Dimensionamento dos condutores verticais

Para dimensionamento dos condutores verticais devemos utilizar uma nova vazão de projeto, tendo em vista que nos tubos de queda também haverá contribuição da água captada pela laje entre as coberturas. Dessa maneira, a figura 16 ilustra a área utilizada para a vazão de projeto para esses componentes que é de 171,4 m². A área ilustrada é numericamente igual a da outra cobertura, sendo que para o dimensionamento só será utilizada uma dessas áreas, tendo em vista que existe um tubo de queda para cada cobertura.

Figura 22 – Área de coleta captada por cada tubo de queda



Fonte: Arquivo do autor (2018).

$$\frac{68.5441 * 171,4}{60} = 195,8076 \text{ l/min}$$

Utilizando a fórmula de Manning-Strickler podemos obter a altura da lâmina d'água nas calhas, entretanto esse passo não será necessário, tendo em vista que a vazão de projeto encontrada foi inferior ao valor onde começam as curvas do ábaco de dimensionamento.

Através de medição por trena a altura H do tubo de queda foi verificada e constatada como 3,60m.

Em posse desses dados, podemos verificar através do ábaco que o condutor vertical ideal para essa situação seria o mínimo diâmetro recomendado pela ABNT (1989), que é de 70mm. Entretanto o diâmetro instalado no sistema atualmente é superior a isso, sendo de 100mm.

3.8.3 Dimensionamento do reservatório

O dimensionamento do reservatório se dará pela demanda encontrada para os fins analisados no item 4.4 deste trabalho que foi de 516.5 L/dia. Multiplicando essa demanda por 30 dias obteremos a demanda mensal para o caso estudado:

$$516,5 \text{ L/dia} \times 30 \text{ dias} = 15.495 \text{ L/mês}$$

Comparando a demanda com os dados de volume aproveitável por mês de chuva, constatamos que apenas, em média, 3 meses por ano o volume captado é menor que o volume utilizado. A tabela 5 exibe os dados encontrados.

Tabela 3 – Balanço hídrico do sistema de coleta do UNI-RN

Mês	Volume aproveitável de água (m³)	Volume aproveitável de água da chuva (L)	Volume condensado pelos Ar condicionados (L)	Consumo	Balanço (L)
Jan	16,59625	16596,25	985,60	15495,00	2086,85
Fev	21,1225	21122,50	985,60	15495,00	6613,10
Mar	57,3325	57332,50	985,60	15495,00	42823,10
Abr	79,96375	79963,75	985,60	15495,00	65454,35
Mai	72,42	72420,00	985,60	15495,00	57910,60
Jun	60,35	60350,00	985,60	15495,00	45840,60
Jul	60,35	60350,00	985,60	15495,00	45840,60
Ago	33,1925	33192,50	985,60	15495,00	18683,10
Set	18,105	18105,00	985,60	15495,00	3595,60
Out	6,035	6035,00	985,60	15495,00	-8474,40
Nov	6,035	6035,00	985,60	15495,00	-8474,40
Dez	7,54375	7543,75	985,60	15495,00	-6965,65

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Somando os meses em que há déficit obtemos o volume de 23.914,45 L, ou seja, se instalarmos um reservatório de 24 m³ ou superior, teremos suprimento de água de fontes alternativas para todo o ano

4 RESULTADOS

No decorrer do trabalho foi verificado que a produção de água pelos ar condicionados se torna significativa quando considerado o tempo de funcionamento, número de equipamentos, umidade relativa do ar e potência dos aparelhos.

A condensação de água oriunda dos ar condicionados do laboratório analisado chega a 49,28 L por 4 horas de funcionamento (dia de aulas tipo), o que gera um valor mensal de 985,60L, dessa forma essa fonte consegue sozinha quase que suprir em 4 horas de funcionamento a demanda diária para a lavagem de um automóvel que é de 50 L/dia (MACINTYRE, 2010).

Quanto a qualidade, a amostra de água coletada do ar condicionado se demonstrou de grande “pureza”, estando dentro de todos os padrões de potabilidade vigentes, de forma que sua aplicação poderia ser recomendada sem restrições, entretanto não podemos fazer isso com base em um número tão limitado de amostras.

Na área analisada a captação de águas da chuva se demonstrou muito promissora, sendo possível a captação média de incríveis 439.046,35 L por ano. Para efeitos de comparação, a demanda para os fins atuais da água captada pelo sistema é de 188.522,5 L, ou seja, 42,93% do volume captado somente por essa modalidade.

No que diz respeito as análises qualitativas da água da chuva, também podemos constatar grande “pureza” desse recurso mesmo sem a utilização de filtros, e demais medidas para tratamento da água, como a desinfecção. Entretanto, para usos mais nobres dessa água como o consumo direto, deve-se impreterivelmente aplicar tais medidas.

Quanto aos componentes aplicados ao sistema de armazenamento de água da chuva e de ar condicionado do laboratório de Geologia e Solos do UNI-RN, ficou constatado o correto dimensionamento dos condutores horizontais e verticais, sendo que os últimos com dimensões superiores ao necessário. O reservatório instalado possui capacidade aquém da prevista para se manter com volume que forneça água para os usos analisados durante todo o ano.

Assim como os anteriores, foi verificada a potabilidade da água na amostra do sistema instalado no laboratório de Geologia e Solos com ótimos valores obtidos nos parâmetros de potabilidade, entretanto foi constatada a presença de coliformes não termotolerantes, explicado pela ausência de cloradores e o não descarte das primeiras águas de chuva no sistema.

5 CONCLUSÃO

Através desse trabalho ficou evidenciado o grande potencial que existe em Natal para a captação de água das chuvas e de ar condicionado. No campus do UNI-RN a produção de água somada dessas duas origens atinge 448.902,35 L.

Se levarmos em conta que tal número é atingido somente pela captação gerada em um dos laboratórios do campus com apenas 4 ar condicionados e que sua própria cobertura não é aproveitada totalmente como área de captação, fica cada vez mais evidente o potencial existente para a obtenção de recursos hídricos nas dependências do centro universitário.

Entretanto foi verificado que dos 24m³ necessários para o volume de reservatório, temos apenas 5 instalados, acarretando na perda do volume excedente por insuficiência da cisterna, desse modo teremos meses em que a cisterna transbordará assim como meses em que o volume disponível não será suficiente para suprir a demanda analisada. Os demais componentes do sistema instalado no UNI-RN comportam a vazão estimada como verificado na seção 3.8 desse trabalho.

Através da bibliografia e do referencial fotográfico, também ficou evidenciado os procedimentos para a elaboração de sistemas de captação de água das chuvas e de ar condicionado, facilitando a difusão desses, o que a longo prazo irá contribuir para uma matriz hídrica mais descentralizada em nossa cidade, acarretando na manutenção de níveis mais altos de nossos mananciais

Além disso, as análises das águas obtidas nos procedimentos dessa monografia evidenciam a qualidade da água das fontes observadas, destacando uma possibilidade muito atraente para um futuro estudo: o uso da água obtida dessas fontes para diluição da água fornecida pela rede, que comumente possui teor de nitrato acima do permitido em nossa cidade.

REFERÊNCIAS

Acervo do Saber (UNESP), 2017. Disponível em <www.edutec.unesp.br/publicador/>. Acesso em: 07 nov. 2017.

ACQUALIMP, 2017. Disponível em: <www.acqualimp.com>. Acesso em 07 nov. 2017.

ANTONOVICZ, D.; WEBER, R. G. B. **Inventário e PMOC – Plano de manutenção operação e controle – nos condicionadores de ar do Campos Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. 2013. 59 f. Monografia (Grau de Tecnólogo em Manutenção Industrial) - Diretoria de Graduação e Educação Profissional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

ASBC: Aquecedor Solar de Baixo Custo, 2017. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/ediurb2003/edasbc/edasbcmr.html>>. Acesso em 07 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 41p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Coordenação de Comunicação Social, 2015.

CARRIER PORTUGAL (Portugal). **Histórico da constituição da empresa**. Disponível em: <<http://www.carrier.pt/historia-carrier>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

CARVALHO, M. T. C.; CUNHA, S. O.; FARIA, R. A. P. G. Caracterização quali-quantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3., **Anais...**, 2012, Goiânia. Gestão Ambiental. Goiânia: Ibeas, 2012.

COSTA, A.Z.M. et al. Uso da água condensada por aparelhos de ar condicionado como água destilada em laboratórios de ensino de química. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE QUÍMICA, 1., Natal, 2015. **Anais...** Fortaleza, 2015.

DACACH, Nelson Gandur. **Sistemas Urbanos de Água**. Rio de Janeiro: LTC, 1975.

ECOCASA: tecnologias ambientais. Disponível em: <www.ecocasa.com.br>. Acesso em: 16 jul. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves**. Concórdia: : Embrapa Suínos e Aves, 2012. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_v7r28u3f.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

FERREIRA, Antônio Domingos Dias. **Habitação autossuficiente**: interligação e integração de sistemas alternativos. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

FORTES, P. D.; JARDIM, P. W. C. F. P. M. G.; FERNANDES, J. G. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO TECNOLÓGICA, 12., Resende, 2015. **Anais...** Resende, 2015.

FREIRE, J. **Sistema reaproveita água de ar condicionado dos ônibus da UFAL**. Maceió: UFAL, 2015. Disponível em: <<http://www.ufal.edu.br/noticias/2015/04/sistema-reaproveita-agua-de-ar-condicionado-dos-onibus-da-ufal>>. Acesso em: 26 out. 2016.

INDUPROPIL: Soluções em produtos plásticos, 2017. Disponível em: <www.indupropil.com.br>. Acesso em 07 nov. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA LEGISLAÇÃO E DOCUMENTOS (INEP). Sistema Organizacional Nacional de Dados Ambientais. **Estação de Natal**: climatologia local. Disponível em: <http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/natal_clima.html>. Acesso em: 14 abr. 2018.

KOMECO. **Ar-condicionado Inverter**: o que é e como funciona?. 2016. Disponível em: <<https://komeco.com.br/blog/consumidor/ar-condicionado-inverter-o-que-e-e-como-funciona.html>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

KOMECO. **Por que o gás ecológico R410A protege o meio ambiente?**. Palhoça, [2016?]. Disponível em: <<http://www.komeco.com.br/blog/por-que-o-gas-ecologico-r410a-protege-o-meio-ambiente/>>. Acesso em: 5 out. 2016.

LIMA, S. M. et al. Água de ar condicionado: uma fonte alternativa de água potável?. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 6., Porto Alegre, 2015. **Anais...** Porto Alegre, 2015.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MAHAN; L. Kathleen- ESCOTT-STUMP; Sylvia- RAYMOND; Janice L. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia** [tradução Claudia Coana... et al.]. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012

MORE: Mecanismo online para referências, versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: < <http://www.more.ufsc.br/> > . Acesso em 27 mai. 2018.

MOTA, T. R.; OLIVEIRA, D. M.; INADA, P. Utilização da água de sistemas de ar condicionado visando o desenvolvimento sustentável. In: FÓRUM DE EXTENSÃO E CULTURA DA UEM, 10., Maringá, 2012. **Anais...** Maringá, 2012.

MOTTA, A. G. **O clima de Natal**. São José dos Campos: INPE, 2004.

NATAL. Prefeitura do Natal. Secretaria Municipal de Obras Públicas e Infraestrutura. **PLANO DIRETOR DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO NATAL**. Natal, 2009. 256 p

NAUTILUS, 2017. Disponível em <www.Nautilus.ind.br>. Acesso em 07 nov. 2017.

PAULO ARMANDO VICTÓRIA DE OLIVEIRA (Brasil). Empresa Brasileira de Agropecuária. **Aproveitamento da Água da Chuva na Produção de Suínos e Aves**. Concórdia, 2012. 38 p.

PEDREIRÃO: macetes de construção. Disponível em: <www.pedreirao.com.br>. Acesso em: 16 jul. 2018.

PIMENTA, Pedro Lima. **Análise quantitativa do aproveitamento da água dos aparelhos de ar condicionado do centro de tecnologia da UFRN**. 2016. 16 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: <<https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/3358/3/analise-quantitativa-aproveitamento-PIMENTA-Artigo.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

REDAÇÃO MUNDO ESTRANHO. **Como funciona o ar-condicionado?** 2011. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/tecnologia/como-funciona-o-ar-condicionado/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

RIGOTTI, P. **Projeto de aproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar.** 2014. 41 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2014.

SINDILOJAS. **Vendas no segmento de eletrodomésticos diminuiram 60% em porto alegre durante o verão.** Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://www.sindilojaspoa.com.br/assessoria-de-imprensa/releases/vendas-no-segmento-de-eletrodomesticos-diminuiram-60-em-porto-alegre-durante-o-verao>>. Acesso em: 15 out. 2016.

SOUSA, Iara Michele Pereira de et al. Projeto de um sistema de aproveitamento de água condensada de aparelhos de ar condicionado em edificações. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 1., 2015, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: Contecc, 2015. p. 1-4. Disponível em: <http://www.confrea.org.br/media/Civil_projeto_de_um_sistema_de_aproveitamento_de_agua_condensada.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

STOECKER, W. F.; JONES, J. W. **Refrigeração e ar condicionado.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

VAI COM TUDO: Notícias de arquitetura e cotidiano, 2017. Disponível em: <www.vaicomtudo.com/telhados-coloniais>. Acesso em 07 nov. 2017.

WJ Serralheria: serviços e pequeno e grande porte. Disponível em: <www.serralheriaemcachoeiro.com.br>. Acesso em: 16 jul. 2018.