



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LUÍZA DE FREITAS FURTADO

**VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE SOLUÇÕES
SUSTENTÁVEIS EM INSTALAÇÕES PREDIAIS: ESTUDO DE
CASO EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR**

**NATAL-RN
2018**

Luíza de Freitas Furtado

Viabilidade da implantação de soluções sustentáveis em instalações prediais: estudo de caso em edificação residencial multifamiliar

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Micheline Damião Dias Moreira

Natal-RN
2018

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Furtado, Luíza de Freitas.

Viabilidade da implantação de soluções sustentáveis em instalações prediais: estudo de caso em edificação residencial multifamiliar / Luíza de Freitas Furtado. - 2018.

24 f.: il.

Artigo científico (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil. Natal, RN, 2018.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Micheline Damião Dias Moreira.

1. Instalações hidrossanitárias - TCC. 2. Instalações elétricas - TCC. 3. Sustentabilidade - TCC. 4. Construções sustentáveis - TCC. I. Moreira, Micheline Damião Dias. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.2

Luíza de Freitas Furtado

Viabilidade da implantação de soluções sustentáveis em instalações prediais: estudo de caso em edificação residencial multifamiliar

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 25 de junho de 2018:

Profa. Dra. Micheline Damiano Dias Moreira
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Orientadora

Prof. Dr. Luiz Alessandro Pinheiro Da Câmara De Queiroz
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Examinador interno

Profa. Msc. Isabelly Bezerra Braga Gomes
Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN
Examinadora externa

Natal-RN
2018

RESUMO

VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS EM INSTALAÇÕES PREDIAIS: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR

Alternativas inovadoras e sustentáveis na construção civil estão sendo cada vez mais frequentes, motivadas pela ocorrência de problemas ambientais que são agravados com os materiais e procedimentos da construção convencional. Este trabalho consiste de um estudo de caso dos projetos elétricos e hidrossanitários de uma edificação residencial multifamiliar, dotado de soluções tradicionais. Objetivou-se o desenvolvimento de soluções alternativas menos danosas ao meio ambiente, cuja viabilidade foi considerada ao analisar fatores como o custo de implantação e o tempo de retorno. Diversificadas possibilidades de alterações foram idealizadas, e cinco das mais significativas foram detalhadas neste estudo: reuso de água, aproveitamento de água pluvial, aquecimento solar, substituição de todas as lâmpadas fluorescentes por LEDs, geração de energia eólica e de energia fotovoltaica. A necessidade de implantação de cada um dos sistemas foi investigada, bem como o custo e a economia atrelados a cada um deles, de modo a possibilitar o cálculo do tempo de retorno e a análise de viabilidade destas novas medidas. Neste estudo, concluiu-se que, apesar de algumas medidas não apresentarem custos de implantação tão acessíveis, quando analisado o tempo de retorno, foi possível observar a rapidez do retorno proporcionado pela economia, de modo a tornar viáveis estas novas soluções.

Palavras-chaves: Instalações Hidrossanitárias. Instalações Elétricas. Sustentabilidade. Construções Sustentáveis.

ABSTRACT

FEASIBILITY OF THE IMPLANTATION OF SUSTAINABLE SOLUTIONS IN PREDIAL PLANTS: CASE STUDY IN MULTIFAMILIARY RESIDENTIAL BUILDING

Innovative and sustainable alternatives in civil construction are becoming more frequent, motivated by the occurrence of environmental problems that are aggravated with the use of conventional materials and construction methods. This work is a case study of the electrical and hydro-sanitary projects of a multifamily residential building, which utilizes traditional solutions. It was observed the development of alternative and less harmful solutions, whose feasibility was considered by analysing factors as implantation cost and return period. Various possibilities for change were idealized, and five of the most significant were detailed in this study: water reuse, rainwater harvesting, solar heating, replacement of fluorescent lamps by LEDs, wind power generation and photovoltaic systems. The need for implementation of each system was investigated, as well as the cost and economy related to them, in order to enable return period calculations and feasibility analysis. In this study, it was concluded that, even though some solutions have high implementation costs, their practicability may be assessed through the evaluation of the rapidity of the return period.

Keywords: Hydro-sanitary Installations. Electrical Installations. Sustainability. Sustainable Constructions.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas (2018), desenvolvimento sustentável é aquele capaz de suprir as atuais necessidades da humanidade sem comprometer a capacidade do planeta para atender às futuras gerações. Esta ideia surgiu a partir do conceito de ecodesenvolvimento, proposto durante a Primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, na Suécia, em 1972.

Atualmente, os problemas ambientais enfrentados atingem todos os âmbitos da construção e vêm fazendo com que os engenheiros busquem formas de construir que impactem cada vez menos no meio ambiente. Segundo Fernandes (2013), a indústria da construção está inserida nas necessidades humanas, ao levar em conta o conforto habitacional, a infraestrutura e a disponibilidade de bens e serviços. É uma atividade que gera elevados impactos ambientais ao nível do consumo de grandes quantidades de matérias-primas não renováveis ou de complexa renovação, dos grandes consumos energéticos, das elevadas emissões de gases responsáveis pelo aumento do efeito estufa nas fases de produção, operação e transporte de materiais e da geração de resíduos. Assim, a aplicação da sustentabilidade na construção é essencial para qualquer cumprimento de objetivos e metas ambientais mundiais.

Indo de encontro ao desenvolvimento sustentável, o desperdício na área da construção civil ainda é muito elevado, e na medida em que as empresas tomam consciência disso, buscam-se medidas para reduzir esse gasto exagerado de material. Para isso, novos projetos nessa área focam na redução do impacto ambiental, buscando projetos eficientes com baixo consumo de insumos prediais, como energias renováveis e reuso de água, e que aproveitem ao máximo os recursos naturais disponíveis, como energia solar e eólica, sem comprometer o conforto e a qualidade de vida dos usuários.

Segundo um estudo realizado pela UniEthos (2012), empresa brasileira que faz consultorias para planejar estratégias de sustentabilidade, para incorporar os princípios da sustentabilidade na gestão, nos negócios e nas cadeias de valor, 69% das empresas brasileiras reconhecem que a inserção da sustentabilidade no planejamento estratégico é uma necessidade. Essa preocupação é decorrente dos problemas enfrentados pela população mundial relacionados diretamente ao meio ambiente e à qualidade de vida. A elaboração de um projeto de instalações hidrossanitárias consiste em uma das fases mais importantes na concepção de edificações, e a aplicação de conceitos sustentáveis a este sistema contribui para tornar o produto final ambientalmente harmônico e correto. Pode-se citar, como exemplos de conceitos sustentáveis, a captação e o reaproveitamento de águas pluviais, o aquecimento de água por placas solares, a instalação de medidores individualizados e o reuso de água.

A sustentabilidade em uma edificação também pode ser alcançada adaptando-se o projeto de instalações elétricas. Algumas alternativas para um projeto sustentável são: a previsão de utilização de lâmpadas de LED e sensores de iluminação, que reduzem o consumo de energia elétrica, e a instalação de coletores solares para a geração de energia fotovoltaica, que é limpa e renovável, sendo esta aplicável para cidades que tem significativa incidência solar como Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte.

O presente trabalho consiste de um estudo de caso dos projetos elétricos e hidrossanitários de uma edificação residencial multifamiliar, a qual encontra-se na fase de projeto, dotado de soluções convencionais, no qual buscou-se desenvolver soluções alternativas que gerassem menos impacto para o meio ambiente e que fossem viáveis, considerando o custo da implantação e o tempo de retorno. O estudo analisou as diversas possibilidades e adotou cinco das quais considerou mais significativas para o projeto: reuso de água, aproveitamento de água pluvial, aquecimento solar, utilização de lâmpadas LEDs, geração de energia eólica e de energia fotovoltaica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo de caso dos projetos de instalações prediais (elétrico e hidrossanitário) de uma edificação residencial multifamiliar constituída de 19 pavimento, buscando adotar e implementar alternativas sustentáveis em substituição às tradicionais adotadas. Posteriormente, analisar a viabilidade econômica e ambiental da implantação do sistema e determinar o período de retorno da mudança proposta.

2.2 Objetivos Específicos

- Implantação de soluções sustentáveis nas instalações prediais;
- Elaboração de projetos detalhando as medidas sustentáveis com o auxílio do software AutoCAD;
- Análise dos benefícios ambientais promovidos pelas mudanças obtidas pela adoção das novas soluções;
- Avaliação do custo de implantação das medidas sustentáveis;
- Análise do tempo de retorno.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As instalações prediais englobam toda a parte hidrossanitária e elétrica de uma edificação. Seus projetos incluem as instalações de água fria e de água quente, de esgoto, pluvial, elétrico e de emergência. Na maioria dos casos, os projetos são dotados de soluções convencionais, como o uso de lâmpadas fluorescentes e incandescentes, o despejo de águas pluviais diretamente nos poços absorventes e uso da energia proveniente apenas da concessionária, mas devido aos problemas ambientais e a necessidade de busca pela economia, procura-se substituir essas medidas convencionais por soluções sustentáveis, diminuindo o impacto ambiental e gerando um aumento na economia de água e luz da edificação. Devido ao fato de não ficarem aparentes nas edificações, é comum na prática da construção civil as instalações prediais serem executadas sem uma concepção adequada em projeto. As consequências diretas para isto são manifestações patológicas desenvolvidas ao longo do uso da edificação, a exemplo de infiltrações, mofo, mau cheiro, problemas de curto circuito, sobrecarga dos equipamentos elétricos. Este tipo de problema compromete a segurança e a funcionalidade do sistema e pode vir a reduzir a sua vida útil.

3.1 Instalações Hidrossanitárias

Segundo Carvalho Júnior (2016), as instalações prediais hidrossanitárias buscam criar condições favoráveis ao conforto e segurança dos usuários. Para isso é necessário prover água a todas as peças de utilização e aparelhos sanitários da edificação, de maneira suficiente e sob pressão adequada, promover a coleta e o afastamento adequados das águas pluviais e das águas servidas e impedir o retorno de águas poluídas e de gases de esgotos nas canalizações de alimentação dos aparelhos.

Além disso, reitera-se que os projetistas vêm buscando alternativas nas soluções convencionais para tornar a edificação sustentável e mais econômica. Dentre as diversas soluções sustentáveis, esse artigo abordou temáticas como o reúso de água e o aquecimento de água por placas solares, além do uso de energias renováveis como a energia solar e a eólica.

3.1.1 Reuso de Água

Embora o Brasil seja um país rico em recursos hídricos, comparado a um panorama mundial, ele sofre com a escassez de água em várias regiões. Uma parte disso se dá por causa natural, tendo em vista a desigual distribuição das reservas no país, considerando que a região Norte é a que concentra a maior parte das reservas, mas também é a que possui a menor densidade demográfica. A região Nordeste, com uma parcela significativa da população, apresenta reduzidos valores de disponibilidade hídrica, os quais estão associados aos baixos índices de precipitação e à irregularidade do regime no semiárido brasileiro, aliados juntamente ao contexto hidrogeológico (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017).

O crescimento populacional, juntamente com aumento do consumo de água e do desperdício, vem provocando uma crise hídrica em todo o país. Uma solução que está sendo utilizada é o reuso de água, um processo pelo qual a água passa por um tratamento para que possa ser utilizada novamente. Segundo Mancuso (1992), existem diferentes tipos de reuso, como o reuso potável e o não potável, o qual pode servir para fins agrícolas, industriais, recreacionais e domésticos. Dentre os usos domésticos, tem-se o de águas cinza, abrangendo toda água proveniente de máquina de lavar roupa, pia de banheiro e do chuveiro, a qual pode ser reutilizada após um tratamento adequado como água para lavagem de pisos e garagens, descargas de banheiros, irrigação de plantas e limpeza de pisos.

Em áreas urbanas, a possibilidade de reuso engloba diferentes fontes. Segundo Hespagnol (2008):

As águas de qualidade inferior, tais como esgotos de origem doméstica, efluentes de sistemas de tratamento de água e efluentes industriais, águas de drenagem agrícola e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e a gestão da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

O reuso de água auxilia tanto na redução do consumo de água potável e, conseqüentemente, na economia da conta de água da edificação, como na redução da quantidade de efluente gerado, novamente resultando em um benefício para a conta de água, além de exigir uma demanda menor de tratamento de efluente para o prédio.

No que diz respeito ao aproveitamento da água da chuva, embora tenha aumentado sua adesão recentemente, isso é uma prática milenar. Devido aos diversos problemas ambientais causados pelo aumento da demanda de água, pela ausência de medidas controladoras da poluição e da falta de gestão ambiental em áreas urbanas e rurais, essa técnica vem se difundindo como forma de atenuar esses problemas (BARROS, 2000).

Dentre as diversas finalidades para a água pluvial, a utilização para fins não potáveis em áreas urbanas torna-se um fator importante para o uso racional, pois não há necessidade do uso de água potável das concessionárias públicas para esses casos. Estudiosos no assunto mostram que é possível economizar 15% do serviço de abastecimento público de água ao se fazer o aproveitamento da água pluvial para uso residencial e comercial (TOMAZ, 2005).

A captação da água da chuva é mostrada por historiadores como uma técnica desenvolvida por civilizações antigas. Diversos estabelecimentos, como indústrias, *shoppings*, supermercados e edificações, já utilizam a água pluvial para fins não potáveis. Já existem leis a respeito desse uso em cidades como São Paulo, Curitiba, Santo André, Recife e Foz do Iguaçu. Logo, é de suma importância que no cenário atual o uso racional da água seja disseminado, principalmente com a utilização da água da chuva (BRASIL, 2012).

Dentre as vantagens de se juntar as águas de reuso constata-se a economia no custo de implantação dos sistemas, além do fato de que a água pluvial, mais limpa, auxilia na hora do tratamento e filtragem da água cinza, pois ajuda na diluição das impurezas da água que passará pelo tratamento para ser reutilizada.

3.1.2 Aquecimento de Água por Placas Solares

Um sistema básico de Aquecimento de água por Energia Solar é composto de coletores solares (placas) e reservatório térmico (*boiler*). As placas solares são responsáveis por absorver a radiação solar, transferindo o calor para a água que circula no interior de suas tubulações de cobre; o reservatório térmico, por sua vez, serve para armazenar a água aquecida, conservando-a para uso posterior. Em sistemas convencionais, a água circula entre os coletores e o reservatório térmico através de um sistema natural chamado termossifão. Neste sistema, a água dos coletores fica mais quente e, portanto, menos densa que a água no reservatório. Assim a água fria impulsiona a água quente gerando a circulação. Esses sistemas são chamados de circulação natural ou termossifão. O aquecimento por placas solares auxilia na preservação do meio ambiente e na economia com o gasto de energia elétrica (PORTAL METÁLICA, 2010).

Dentre os benefícios das placas solares, Portal Metálica (2010, apud DEPARTAMENTO NACIONAL DE AQUECIMENTO SOLAR, [2010?]) afirma que cada 1m² de coletor instalado gera benefícios para o meio ambiente, como a economia de 55kg de gás de cozinha por ano, evita a inundação de 56m² para geração de energia elétrica, economiza 66 litros de diesel por ano e elimina a queima de 220kg de lenha por ano. No critério econ mico, a economia com os gastos da conta de luz pode chegar a 70%, proporcionando um rápido retorno do que foi investido, além de gerar uma valorização do imóvel.

3. 2 Instalações Elétricas

As instala es elétricas consistem no conjunto de fios, cabos e acessórios que permitem a transferência da energia elétrica proveniente de uma fonte geradora de energia até os pontos de utiliza o. O projeto elétrico visa estabelecer os circuitos e especificar pontos de luz e de tomadas de acordo com as necessidades de cada ambiente e dos equipamentos que serão instalados. Além disso, também faz parte do projeto determinar os tipos de prote o, como disjuntores e a utiliza o de para-raios e fio-terra, para garantir a segurança do usuário contra choques elétricos e dos equipamentos contra curto circuitos. Por isso,   necessário que o projeto e a execu o sigam as especifica es normativas da NBR 5410/2004 - Instala es Elétricas de Baixa Tensão para um dimensionamento adequado e seguro para os usuários, bem como a contrata o de mão de obra adequada e de materiais de qualidade. Uma vez que instala es inadequadas podem provocar s rios problemas, desde o consumo exagerado de energia elétrica até curto circuitos no sistema, ocasionados pela fuga de corrente. Dentre as diversas solu es sustentáveis, esse artigo aborda a utiliza o de lâmpadas de LED e a gera o de energia tanto pela eólica quanto solar.

3.2.1 Previsão de Utiliza o de Lâmpadas de LED

O aumento do custo da energia elétrica vem fazendo com que os projetistas busquem medidas alternativas para tornar o projeto mais economicamente viável e, conseqüentemente, sustentável. Uma alternativa adotada para esse projeto   a utiliza o das lâmpadas de LED (*Light Emitting Diode*), as quais são capazes de economizar a energia que   consumida por

outros tipos de lâmpadas, como as incandescentes, fluorescentes e de halogêneo. A energia consumida pela LED é revertida em iluminação e não em calor, diminuindo o desperdício de energia.

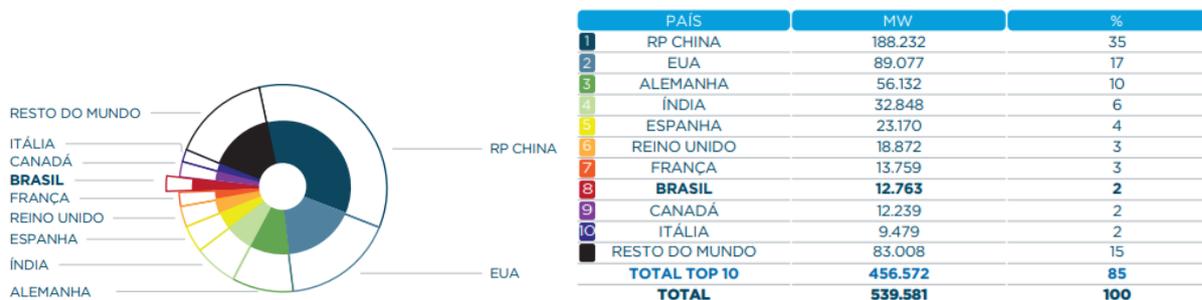
Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2016), "as LED podem durar, dependendo do modelo, pelo menos vinte e cinco vezes mais do que as lâmpadas incandescentes e quatro vezes mais do que as fluorescentes compactas." No entanto, o custo delas costuma ser mais alto do que as demais, só que, considerando o baixo custo de manutenção, em função da alta durabilidade, e a redução do custo na conta de luz, esse gasto inicial é compensado.

3.2.2 Geração de Energia Eólica

No Brasil, a produção de energia baseou-se, historicamente, em duas matrizes: hidrelétrica e a termoeletrica. No entanto, a preocupação com o meio ambiente levou o país a buscar fontes de energia alternativas que gerem menos impactos ao meio ambiente, criando, no ano de 2002, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA (ANEEL, 2015).

Embora a produção de energia eólica ainda seja pouco representativa no país, é perceptível a evolução do setor ao longo dos últimos anos. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (2017), em 2017, o Brasil ultrapassou o Canadá no *Ranking* Mundial de capacidade instalada elaborado pelo GWEC - *Global Wind Energy Council* e agora ocupa a 8ª posição (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Top 10 de capacidade eólica acumulada em 2017



Fonte: Associação Brasileira de Energia Eólica (2017)

No Brasil, a região Nordeste apresenta a maior produção de energia eólica, tendo o Rio Grande do Norte como maior produtor. Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (2017), "Os cinco estados com maior geração no período de 2017 foram Rio Grande do Norte (13,24 TWh), Bahia (7,79 TWh), Rio Grande do Sul (5,58 TWh), Ceará (5,10 TWh) e Piauí (4,59 TWh)."

3.2.3 Instalação de Coletores Solares para Geração de Energia Fotovoltaica

Segundo o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (2008), outra fonte de geração de energia elétrica é a fotovoltaica, a qual é a energia obtida por meio da conversão direta da luz solar em eletricidade e ocorre através de um efeito chamado fotovoltaico, que consiste no aparecimento de uma diferença de potencial nas extremidades de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental para este processo.

O Brasil possui um enorme potencial de aproveitamento da energia solar para geração de energia elétrica, principalmente no norte da região Sudeste e na região Nordeste. Nesse ano, segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2018), o país ultrapassou a marca de um gigawatt (GW) em projetos operacionais de energia fotovoltaica conectados na matriz elétrica nacional. O levantamento realizado revela que a potência é suficiente para abastecer 500.000 residências do país.

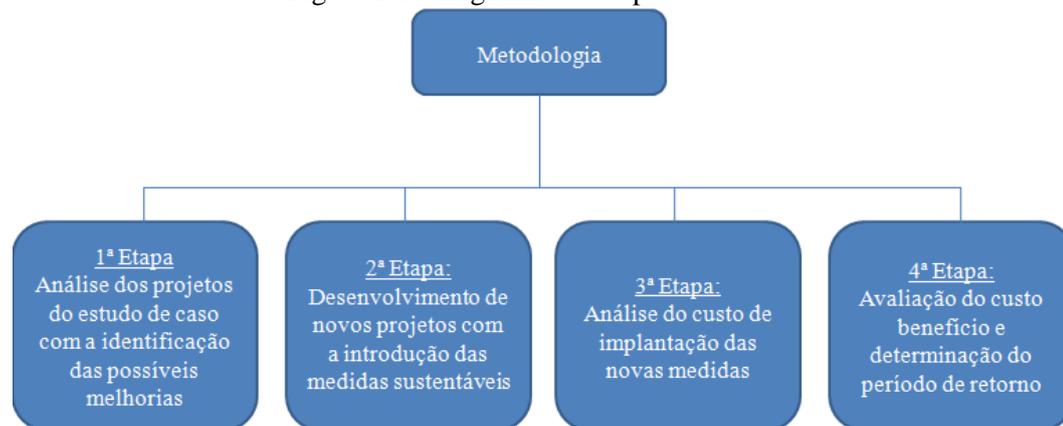
Depois divulgação da resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) 482/2012 sobre a energia solar distribuída, a aplicação residencial também está se tornando mais comum. O brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica de fontes renováveis ou de cogeração qualificada, além de receber créditos sobre o excedente produzido – essa produção é chamada de microgeração (inferior a 75 kW) e de minigeração (superior a 75 kW) distribuída.

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia foi subdividida em etapas a fim de alcançar os objetivos propostos para esse trabalho, segundo fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma das etapas do estudo de caso



Fonte: Autor (2018)

A primeira parte do projeto consta do estudo de caso dos projetos, identificando as soluções convencionais propostas e analisando as possíveis melhorias para a edificação. Em seguida, serão desenvolvidos novos projetos com a introdução das novas medidas sustentáveis para que em sequência sejam feitas as análises do custo de implantação e do tempo de retorno, para posterior avaliação do custo benefício.

4.1 1ª Etapa - Análise dos Projetos do Estudo de Caso com a Identificação das Possíveis Melhorias

O estudo de caso foi realizado nos projetos de instalações prediais, tanto elétrico como hidrossanitário, dotado de soluções convencionais. Esta edificação é residencial multifamiliar com 16 pavimentos-tipo, além de possuir térreo, subsolo e cobertura.

Cada pavimento tipo abriga dois apartamentos de médio/alto padrão, resultando em 32 unidades residenciais consumidoras, além dos equipamentos locados nas áreas comuns. Cada apartamento apresenta os seguintes ambientes: três suítes, sendo uma máster (*closet* e banheira com aquecedor), sala ampla para dois ambientes, dependência de empregada com banheiro, varanda gourmet, cozinha, área de serviço e elevador privativo.

O pavimento subsolo destina-se ao abrigo de vagas de estacionamento, casa do gerador, casa dos reservatórios e casa de bombas, bem como circulação horizontal de pedestres. O pavimento térreo apresenta os seguintes equipamentos de lazer na sua área externa: playground, piscina adulto e infantil, além de quadra poliesportiva. A porção posterior externa desse pavimento é destinada às vagas de estacionamento. A área coberta é organizada nos seguintes ambientes: *lobby*, circulação social, circulação de serviço, espaço fitness, salão de festas com copa/cozinha anexa, lavabos, espaço *kids* e espaço mulher. Além dos ambientes citados, no térreo encontra-se a guarita e os portões de acesso à edificação. No pavimento de cobertura, estão locadas as casas de máquinas dos três elevadores, barrilete e reservatório superior, além do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). A laje de cobertura será utilizada como área de resgate em caso fortuito de incêndio.

O projeto do estudo de caso é dotado, em sua maioria, de soluções convencionais como o uso de lâmpadas fluorescentes, aquecimento de água a gás, energia elétrica toda proveniente da concessionária, uso somente de água potável e poço de absorção para água pluvial. No entanto, o projeto já apresenta algumas soluções convencionais, as quais não serão reavaliadas nesse trabalho, como sensores de presença nas garagens e nos *halls* e hidrômetro individualizado.

4.2 2ª Etapa - Desenvolvimento de Novos Projetos com a Introdução das Medidas Sustentáveis

Após análise das soluções iniciais, foram propostas as seguintes soluções sustentáveis:

4.2.1 Reuso de Água

Para este projeto, a destinação do reuso de águas cinzas e o aproveitamento de águas pluviais foi para as descargas das bacias sanitárias. Para o reuso de água cinza, fez-se necessária uma adequação para esta nova instalação; isto pode ser feito por meio da implantação de novos tubos de quedas, totalmente independente do tubo de condução de águas negras. Esse tubo seria responsável por levar a água cinza para um tanque de reciclagem e filtragem, para ser tratado e depois bombeado para o reservatório superior, o qual foi modificado para possuir um novo compartimento isolado do de água potável para receber essa água de reuso e depois fazer a distribuição para as bacias sanitárias. Para o aproveitamento de águas pluviais, o projeto já apresentava calhas instaladas na cobertura ligadas a tubos de queda. A diferença apresentada foi o encaminhamento desses tubos para o reservatório inferior de reciclagem e filtração para que passasse pelo mesmo tratamento e fosse encaminhado para o reservatório superior.

Um dos processos apresentados para a nova solução é a filtração, que segundo Brandão et al. (2013), baseia-se no princípio de que um meio poroso é capaz de reter

impurezas de dimensões que podem ser até menores que as dos poros do meio filtrante. Além disso, de acordo com Mancuso e Santos (2003), a principal função do filtro é a remoção de sólidos em suspensão, o que o torna um tratamento fundamental para o reúso de águas cinzas, seja com a finalidade de irrigação de áreas verdes ou para descargas de bacias sanitárias.

4.2.2 Aquecimento de Água por Placas Solares

O projeto feito com soluções convencionais adotou o aquecimento de água do tipo individual instantâneo a gás. No entanto, tendo em vista que o município do Natal prevê, na Lei N° 6045, de 12 de janeiro de 2010, a obrigatoriedade da instalação de sistema de aquecimento de água com aproveitamento solar para pelo menos 50% da água quente consumida, faz-se necessário o dimensionamento desse sistema e verificação de sua viabilidade, no entanto, exceções se aplicam em casos de inviabilidade técnica.

Sabe-se que o volume de água quente consumido diariamente depende da vazão da peça sanitária utilizada e do tempo médio de uso diário de tal elemento, bem como da frequência de uso do mesmo. Com o auxílio do simulador de consumo residencial de água da Soletrol (2018), empresa de aquecedores solares de água, os cálculos de consumo de água quente levam em conta os valores de sugeridos na Norma ABNT - NBR 15.569, que dispõe sobre projetos e instalações de sistemas de aquecimento solar de circuito direto. Ao fornecer algumas características acerca da residência de análise, a exemplo de como a água quente será utilizada e qual é sua expectativa de economia e conforto, chegou-se a um consumo de 248 litros de água por dia por apartamento (Tabela 1).

Tabela 1 - Cálculo da área coletora para o prédio

Volume de consumo	0,248 m ³ /dia
Volume de Armazenamento	0,149 m ³ /dia
Reservatório para o Prédio	4,76 m ³
Energia Útil	4,319 kwh/dia
PMDEE	3,16 kwh/m ²
Área Coletora para o Prédio	49,28 m ²

Fonte: Autor (2018)

4.2.3 Previsão de Utilização de Lâmpadas de LED

O projeto estudado teve sua iluminação prevista com o uso de lâmpadas comuns, a exemplo de lâmpadas fluorescentes. A solução adotada foi a substituição de todas as lâmpadas da edificação para LED, as quais apresentam um menor consumo de energia e possuem um período de vida mais longo.

4.2.4 Geração de Energia Eólica

Para a escolha do aerogerador e da quantidade necessária de energia que seria produzida pelo mesmo, fez-se a análise das condições de vento em Natal ao longo do ano. Utilizando o banco de dados do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio

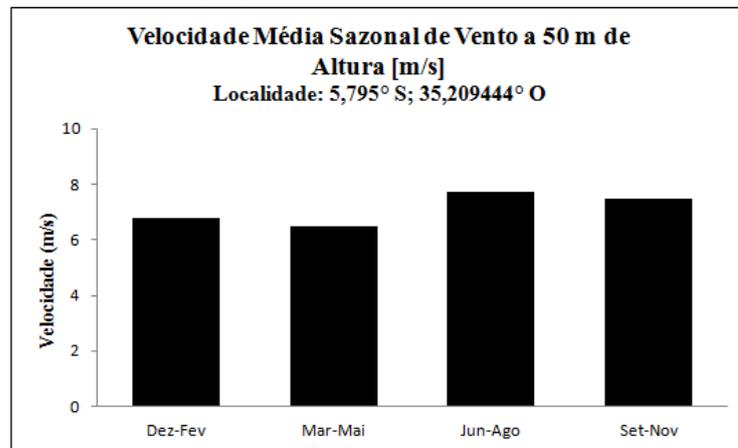
de S. Brito (2001) do Governo Federal, e indicando as coordenadas da cidade ($5,795^{\circ}$ S $35,209444^{\circ}$ O), obteve-se os seguintes dados, apresentados na Tabela 2 e no Gráfico 2.

Tabela 2 - Dados de vento da cidade de Natal

Dados de Vento da Cidade de Natal						
Natal	Latitude	5,795° S				
	Longitude	35,209444° O				
Atlas do Potencial Eólico Brasileiro		Dados de vento a 50 m de altura				
Grandeza	Unidade	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
Velocidade média do vento	m/s	6,77	6,49	7,71	7,48	7,11

Fonte: Adaptado de CRESESB (2001)

Gráfico 2 - Dados de Vento da cidade de Natal



Fonte: Adaptado de CRESESB (2001)

Tendo em vista essas informações, buscou-se um aerogerador que atendesse às necessidades da edificação. Então, adotou-se como sugestão o Aerogerador Air 40 da *Primus Wind Power*, que possui as especificações indicadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Especificações Técnicas do Aerogerador Air 40

Especificações Técnicas	
Diâmetro do rotor	1,17 m
Peso	5,9 kg
Vento para início de geração	3,13 m/s
Potência nominal	160 watts a 12,5 m/s (300 W pico)
Voltagem nominal	12 V, 24 V e 48V (selecionado de fábrica)
Controlador da turbina	Microprocessador regulado interno inteligente
Corpo	Alumínio reforçado de altíssima qualidade
Hélices	Plástico
Proteção de sobrecarga	Controle eletrônico de torque
Produção de energia	40 kwh/mês a 5,8 m/s
Vento limite	49,2 m/s (177 km/h)
Dimensões da embalagem	686 x 318 x 229 mm (7,7 kg)
Manutenção	Não requer, livre de manutenções
Garantia	5 anos

Fonte: Adaptado de Energia Pura (2018)

4.2.5 Instalação de Coletores Solares para Geração de Energia Fotovoltaica

A instalação de coletores solares neste projeto será feita na área de cobertura das vagas de garagem do térreo, totalizando uma área de 550m². Analisando os diversos modelos encontrados no mercado, encontrou-se *kit* energia solar *Grid Tie* 20,0kW, o qual gera aproximadamente 2400kWh/mês, adotando-se três deste. Seu detalhamento é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Componentes do *kit* energia solar *Grid Tie* 20,0kW

Quantidade	Descrição
64	Painel Solar Fotovoltaico (250 a 265 W)
1	Inversor Solar <i>Grid-Tie</i> 20kW
1	<i>String Box</i> de saída de 1 corda e 1 saída DC 3/5 kV
1	Estrutura de Fixação em Alumínio
80m	Cabo Solar de 6mm ² Preto
80m	Cabo Solar de 6mm ² Vermelho
5	Conector MC4 Macho
5	Conector MC4 Fêmea

Fonte: Adaptado de Energy Shop (2018)

Esse *kit* já conta com a mão de obra para a instalação dos equipamentos. A placa fotovoltaica adotada é da empresa Globo Brasil (2018), indústria brasileira de painéis solares, e do modelo GBR 250, que apresenta as dimensões e especificações técnicas apresentadas, respectivamente, na Tabela 5.

Tabela 5 - Especificações Técnicas da Placa Fotovoltaica

Especificações GBR250	
Célula	60 células
Tamanho	1640x990x40 mm
Peso	19 kg
Vidro	3,2 mm
Moldura	Alumínio Anodizado Fosco
Caixa de junção	Weidmüller - 3 Diodos - IP65
Cabos	TÜV 4mm ² - 800mm
Conectores	Weidmüller - Compatível MC4
Potência nominal máxima	250 W
Tensão de potência máxima	30,5 V
Corrente de máxima potência	8,20 A
Eficiência do módulo	15,40%
Produção Média Mensal de Energia	31,25 kWh

Fonte: Adaptado de Globo Brasil (2018)

4.3 3ª Etapa - Análise do Custo de Implantação das Novas Medidas

As alterações propostas por esse artigo geraram um aumento nos custos da edificação. Com o auxílio dos valores estimados pelo SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), desonerado, de abril de 2018, além de informações obtidas por meio de pesquisas de preços em empresas e comércio local, foi possível calcular os custos de implantação das novas medidas.

A partir disso, com o auxílio de planilhas em *Microsoft Excel*, foram realizadas tabelas para mostrar os materiais utilizados, os custos unitários e os custos totais que devem ser investidos para cada uma das alterações. Deve-se ainda observar que não foi levado em consideração para esse projeto os custos com manutenção.

4.4 4ª Etapa - Análise do Custo Benefício e Determinação do Período de Retorno

Nesta etapa, a partir dos custos calculados anteriormente, novos cálculos foram feitos com o intuito de obter a economia que seria gerada a partir das novas implantações. Para isto, analisou-se a economia tanto da necessidade de água potável quanto da liberação de efluentes, considerando que, com o reuso de água, uma parte da água que antes era fornecida pela concessionária, passou a ser obtida pelo sistema de reuso implantado, e que essa água reutilizada deixava de ser jogada nas tubulações da concessionária.

Além disso, também foram analisadas as economias geradas pela substituição de todas as lâmpadas da edificação, de fluorescente para LED, e pela implantação das energias renováveis, tanto eólica quanto fotovoltaica. Então, obtidos os custos de implantação e a economia gerada pelas novas medidas sustentáveis, foi possível determinar o período de retorno do investimento inicial, sendo estes apresentados na sessão de resultados deste artigo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Reuso de Água

O reuso de água necessitou da implantação de um novo reservatório inferior para receber a água servida, filtrar e encaminhar para o reservatório superior, além de uma nova tubulação de recalque e de drenagem, duas bombas de recalque e uma de filtragem e recirculação. Para encaminhar os efluentes para reservatório, foi necessária a adoção de novos tubos de quedas, os quais serviram para separar a água que seria reaproveitada das demais. Além disso, fez-se necessário um novo rearranjo do reservatório superior, para que a nova estrutura fosse dividida em dois compartimentos totalmente independentes, um para a água potável proveniente da concessionária, e o outro para água clarificada. Os detalhes das modificações do projeto encontram-se no Apêndice, Pranchas 02 e 03.

Levando em consideração todas as novas instalações necessárias, fez-se o levantamento dos custos dos materiais, equipamentos e mão de obra para a implantação dessa solução, com base nas tabelas do SINAPI, e de empresas nacionais. O valor encontrado foi de R\$ 72.752,04. Já para a economia, foi considerado o consumo médio de água das bacias sanitárias diário de cada apartamento, pois esse volume deixaria de ser obtido da concessionária, e passaria a ser do reuso de água. Logo, foi considerada a tabela de valores de água e de efluentes disponível no sítio da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte - CAERN (2018) e desenvolvidas tabelas com o auxílio do *Microsoft Excel* para quantificar esses valores. Ao final disso, obteve-se uma economia anual por apartamento de R\$ 4.405,30, e para a edificação de R\$ 140.969,55. O tempo de retorno foi calculado dividindo o valor de implantação total pela economia anual da edificação, o qual resultou em 0,52 anos.

5.2 Aquecimento de Água por Placas Solares

No caso do aquecimento solar, foi solicitado um orçamento para uma empresa nacional baseando-se no cálculo do volume necessário para a edificação que foi feito previamente. O orçamento apresentou o custo do *boiler*, juntamente com 25 coletores solar e

frete, totalizando R\$ 30.874,50. O valor da mão de obra seria feita por uma empresa terceirizada a essa, e o valor fornecido foi de R\$ 5.000,00. O que não estava incluso era o material hidráulico, o qual foi feito o cálculo a parte da nova coluna de distribuição para os chuveiros. Assim, o custo final da implantação foi de R\$ 37.409,63.

No entanto, no que diz respeito ao aquecimento solar, observou-se que o aquecedor a gás que tinha sido sugerido no projeto original custava em torno de R\$ 3.000,00. Considerando que, normalmente cada morador paga por seu próprio sistema, o preço inicial do aquecedor a gás já supera o do solar, pois cada apartamento teria um acréscimo no valor de R\$ 1.169,05; ou seja, metade do valor necessário para instalação do sistema de aquecimento a gás, desconsiderando os gastos com o consumo de gás, que também seriam reduzidos. Por isso, não foi necessário calcular o tempo de retorno, visto que o valor da implantação do aquecedor solar já seria inferior ao proposto anteriormente no projeto. O detalhamento da área escolhida para a locação do sistema de aquecimento solar encontra-se no Apêndice, Prancha 01.

5.3 Previsão de Utilização de Lâmpadas de LED

Pela proposta do projeto, todas as lâmpadas da edificação seriam substituídas por LEDs. Tendo em vista isto, orçou-se o custo das lâmpadas fluorescentes e comparou-se com o custo das lâmpadas LEDs equivalentes. O custo total para as lâmpadas fluorescentes foi de R\$12.023,52, já para as LEDs foi de R\$46.752,12, o que resultou em um aumento no custo de R\$34.728,60. Entretanto, reitera-se que as lâmpadas LEDs são mais econômica e, desta forma, foi feito o cálculo da economia dessas lâmpadas comparadas com a fluorescente e obteve-se o valor de economia anual de R\$9.242,38, resultando, assim, em um tempo de retorno menor do que quatro anos. Além disso, as LEDs possuem um tempo de vida mais longo, de modo a dispensar a substituição tão rápida quanto a fluorescente. No Apêndice, Prancha 01, é possível observar a planta baixa do apartamento tipo com um detalhe da substituição da fluorescente pela LED.

5.4 Geração de Energia Eólica

Para o aerogerador adotado para esse estudo de caso, entrou-se em contato com a empresa fornecedora para obter maiores detalhes, como o valor do frete e da mão de obra e foi obtido o valor de aproximadamente R\$15.300,00. A produção desse modelo fica em torno de 40 kWh/mês, a depender da velocidade do vento, e foi considerado que o aerogerador funcione por volta de 10h diárias. Calculou-se, então, utilizando o valor da energia fornecida pela Companhia Energética do Rio Grande do Norte - COSERN (2018), a economia gerada no ano, a partir da produção do aerogerador, e o valor obtido foi de R\$101.520,00. O detalhamento da área escolhida para a locação do aerogerador encontra-se no Apêndice, Prancha 01.

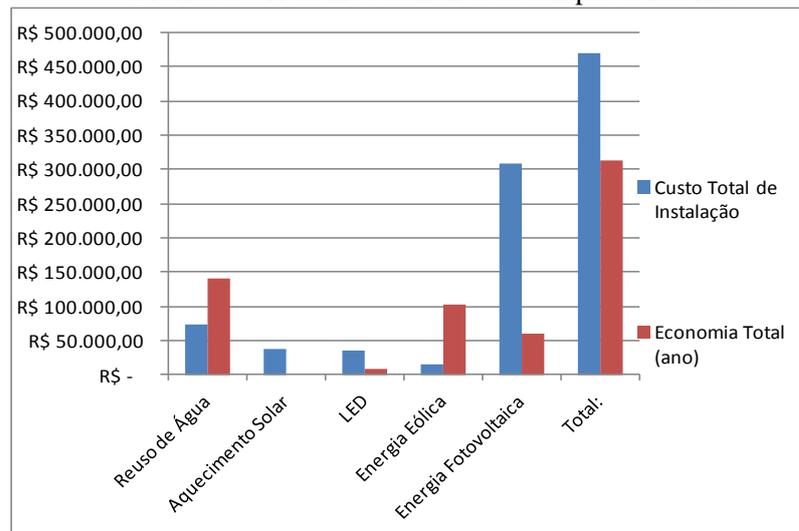
5.5 Instalação de Coletores Solares para Geração de Energia Fotovoltaica

Para a energia fotovoltaica, foram solicitados orçamentos em três empresas diferentes. Uma vez que a energia produzida seria 100% revertida para crédito da concessionária, buscou-se o valor que melhor atendia a edificação. baseando-se também no número de placas e na energia produzida por elas. O *kit* apresentado já inclui o preço da mão de obra para instalação e o projeto elétrico para instalação no padrão da concessionária, e forneceu um orçamento de R\$308.811,00, que, dividido entre os 32 apartamentos, resultou em R\$9650,34.

A economia gerada foi calculada com base na produção de energia das placas e no valor da energia fornecida pela COSERN, e encontrou-se o valor de economia mensal de R\$5.076,00, o que geraria uma economia por apartamento de R\$158,62. Considerando o valor de condomínio para um prédio desse porte na faixa de R\$750,00 por apartamento, a economia mensal seria de aproximadamente 20% no valor dessa conta.

O resumo dos resultados obtidos encontram-se na Gráfico 3. Os detalhes do aquecimento solar não encontram-se na tabela, pois foram justificados em seus resultados.

Gráfico 3 - Resumo da análise do tempo de retorno



Fonte: Autor (2018)

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo a realização de um estudo de caso de uma edificação residencial multifamiliar dotada de projetos de instalações prediais com soluções tradicionais, onde foi buscado a adoção e implementação de alternativas sustentáveis que fossem menos danosas ao meio ambiente e economicamente viáveis.

Para isso foram adotadas novas medidas: reuso de água, aproveitamento de água da chuva, aquecimento solar, utilização de lâmpadas LEDs e a geração de energia eólica e fotovoltaica. Posteriormente, foram desenvolvidos projetos com o auxílio do software AutoCAD detalhando as mudanças geradas pelas novas soluções e depois disso foram analisadas as consequências dessas implantações e os custos atrelados a elas.

Após essa análise, foi possível observar os benefícios ambientais promovidos pelas mudanças. O reuso de água é sustentável visto que reutiliza a água de esgoto para fins não potáveis, diminuindo o consumo de água potável, e faz com que esse efluente não seja descartado no meio ambiente. As LEDs, por possuírem um tempo de vida mais duradouro, quando comparado com as lâmpadas tradicionais, faz com que sua substituição e, consequentemente seu descarte no meio ambiente, seja menos frequente. O aquecimento solar e as gerações de energia eólica e fotovoltaica utilizam recursos finitos, o sol e o vento, tornando-os energias renováveis e benéficas ao meio ambiente.

Além disso, as análises feitas com relação ao custo de implantação dessas medidas mostraram que o valor do investimento inicial é alto e que os períodos de retorno oscilavam consideravelmente. No entanto, avaliando conjuntamente todo o valor investido e a economia gerada, foi possível observar que, apesar do orçamento elevado, em um ano e meio esse custo seria compensado com a economia gerada pelas novas medidas sustentáveis, tornando viável a implantação das soluções sustentáveis na edificação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017**: Relatório Pleno. 2017. Disponível em:

<<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas**. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/proinfa>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 687**. Brasília: ANEEL, 2015. Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

ALBUQUERQUE, Flávia. **Pesquisa revela que maioria das empresas reconhece sustentabilidade como planejamento estratégico**. Disponível em:

<<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/agenciabrasil/noticia/2012-06-12/pesquisa-revela-que-maioria-das-empresas-reconhece-sustentabilidade-como-planejamento-estrategico>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (São Paulo). **Boletim Anual de Geração Eólica**. 2017. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Boletim-Anual-de-Geracao-2017.pdf>>. Acesso em: 9 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Em quatro anos, RN amplia em 4000% capacidade instalada de energia solar fotovoltaica**. 2018.

Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/em-quatro-anos-rn-amplia-em-4000-capacidade-instalada-de-energia-solar-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 209 p.

ASTROSOL AQUECEDORES. **Aquecedor solar: utilização e vantagens**. 2010. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1015>. Acesso em: 2 abr. 2018.

BARROS, J.G. **Gestão Integrada dos Recursos Hídricos**. Implementação do uso das águas subterrâneas. Brasília: MMA/SRH/OEA. 171 p. 2000.

BRANDÃO, V. S.; MATOS, A. T.; FONTES, M. P. F.; MARTINEZ, M. A. **Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias 56 da suinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 329-334, 2003.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2012. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

CÂMARA MUNICIPAL DE NATAL. **Lei nº 6.045, de 12 de janeiro de 2010.** Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/rn/n/natal/lei-ordinaria/2010/605/6045/lei-ordinaria-n-6045-2010-dispoe-sobre-a-instalacao-de-sistema-de-aquecimento-de-agua-por-energia-solar-em-edificacoes-no-municipio-de-natal-e-da-outras-providencias?q=6.045>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias: Princípios Básicos para Elaboração de Projetos.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO. **Energia Solar Fotovoltaica.** 2008. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321>. Acesso em: 10 abr. 2018.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.** 2001. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2018.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE. **Estrutura Tarifária.** 2018. Disponível em: <<http://si.caern.com.br/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalCaernAction.do>>. Acesso em: 14 maio 2018.

COMPANHIA ENERGÉTICA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Preços finais de energia elétrica - Grupo B.** 2018. Disponível em: <http://servicos.cosern.com.br/residencial-rural/Pages/Baixa_Tensao/tarifas-grupo-b.aspx>. Acesso em: 16 maio 2018.

ENERGIA PURA (São Paulo). **Aerogerador Air 40.** Disponível em: <<https://energiapura.com/produto/aerogerador-air-40/>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

ENERGY SHOP (Florianópolis). **Kit Energia Solar Grid Tie 7,0kW.** Disponível em: <<https://www.energyshop.com.br/kit-energia-solar-grid-tie-7-0kw>>. Acesso em: 1 maio 2018.

FERNANDES, Álvaro Manuel Vaz. **Métodos de Avaliação da Sustentabilidade das construções.** 2013. 232 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2013.

GLOBO BRASIL. **Ficha Técnica Completa dos Painéis Solares Nacionais.** Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1pLJASOb3bRSdjLmICKAU8P_wUxcZO-1e/view>. Acesso em: 1 maio 2018.

HESPANHOL, I. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos.** Estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Lâmpada LED.** 2016. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. **A escassez e o reuso de água em âmbito mundial. Reuso de Águas.** Barueri: Manole, cap. 1, p. 14-21, 2003.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. Reuso da água. **Revista DAE**, São Paulo, n. 167, p. 23-32, set./out. 1992.

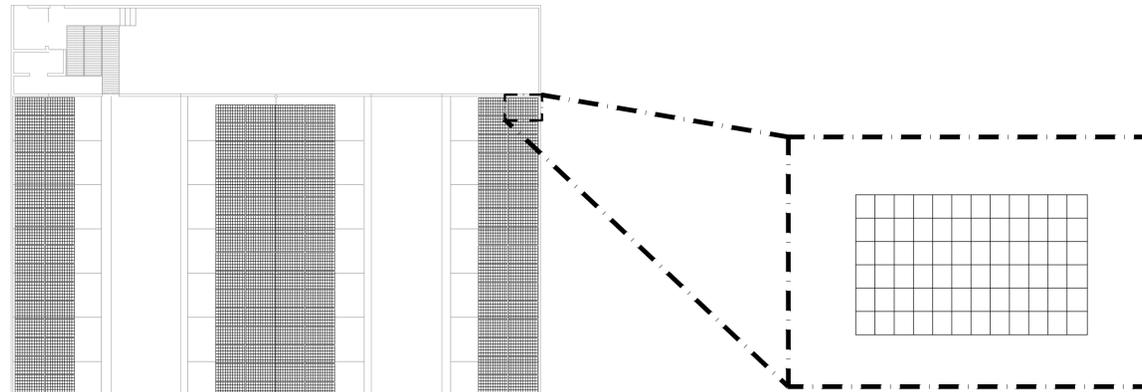
Organização das Nações Unidas. **A ONU e o Meio Ambiente.** Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

PORTAL METÁLICA. **Aquecedor solar: utilização e vantagens.** 2010. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1015>. Acesso em: 2 abr. 2018.

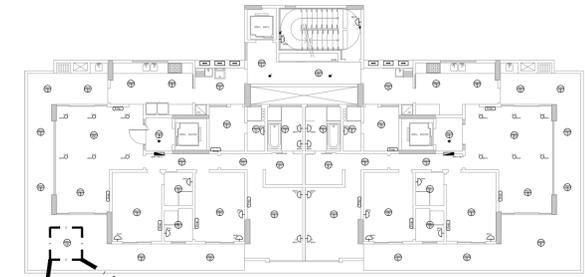
SOLETROL. **Simulador Soletrol de consumo residencial de água quente.** Disponível em: <<http://www.soletrol.com.br/extras/simulador-de-consumo-de-agua-quente/>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** Navegar Editora, São Paulo, 2005, 2ª ed., 180p. ISBN 85-87678-23-x, 2005.

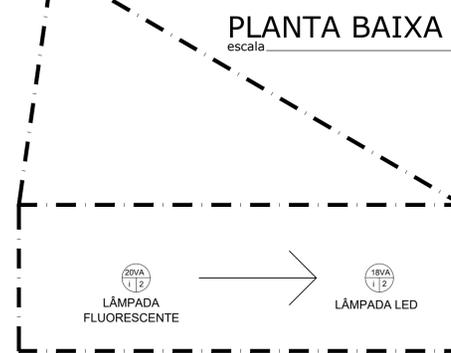
APÊNDICE



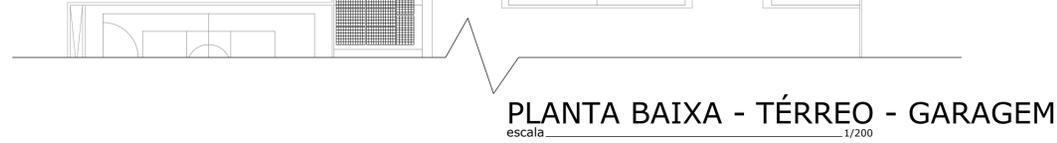
DETALHE PLACA FOTOVOLTAICA
escala 1/25



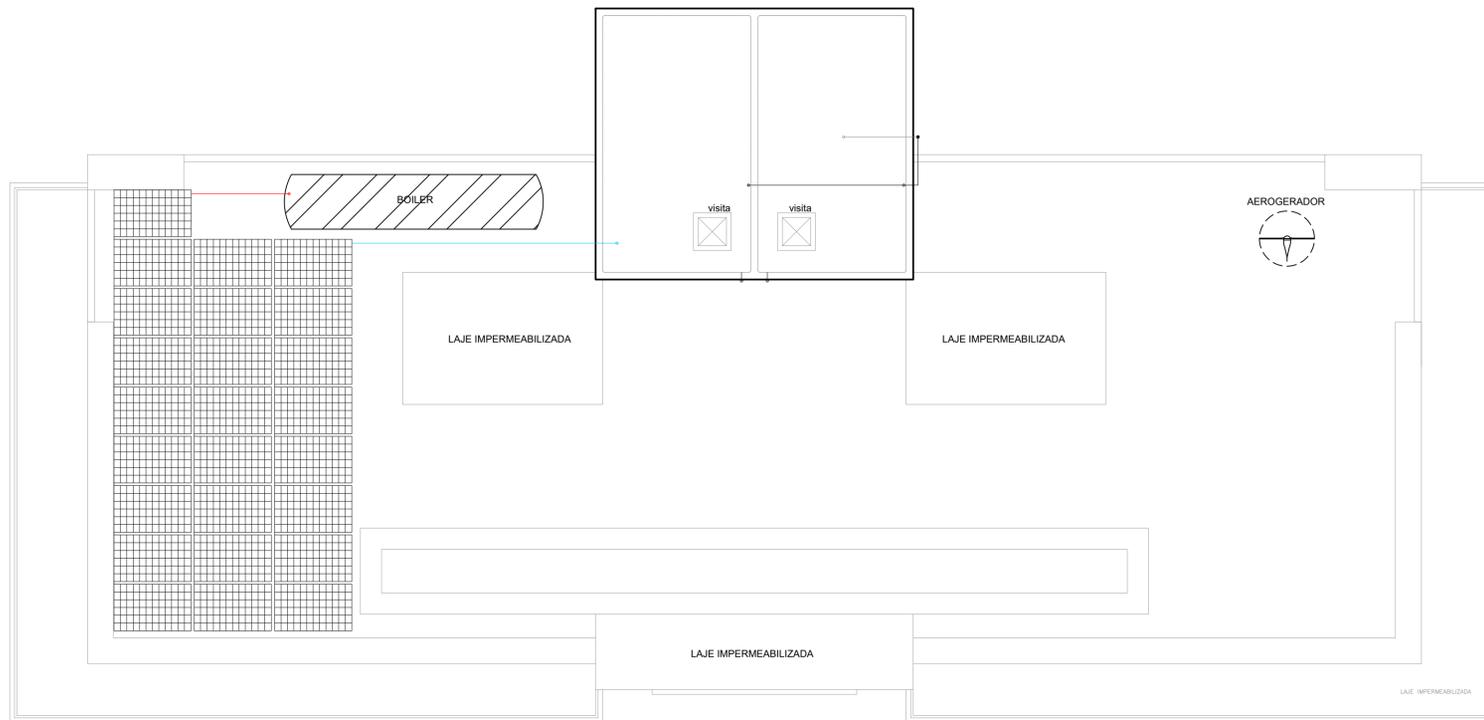
PLANTA BAIXA - PVT. TIPO
escala 1/200



DETALHE ILUMINAÇÃO
escala 1/50



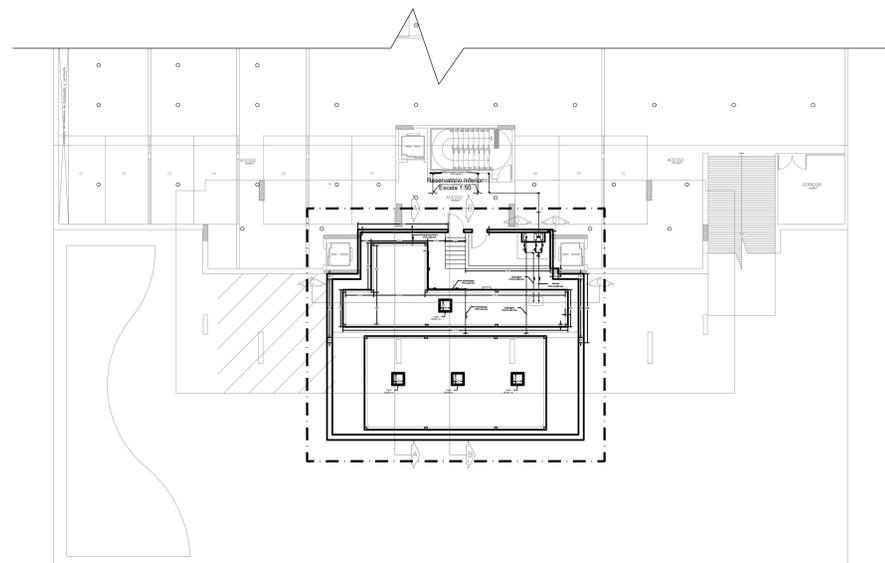
PLANTA BAIXA - TÉRREO - GARAGEM
escala 1/200



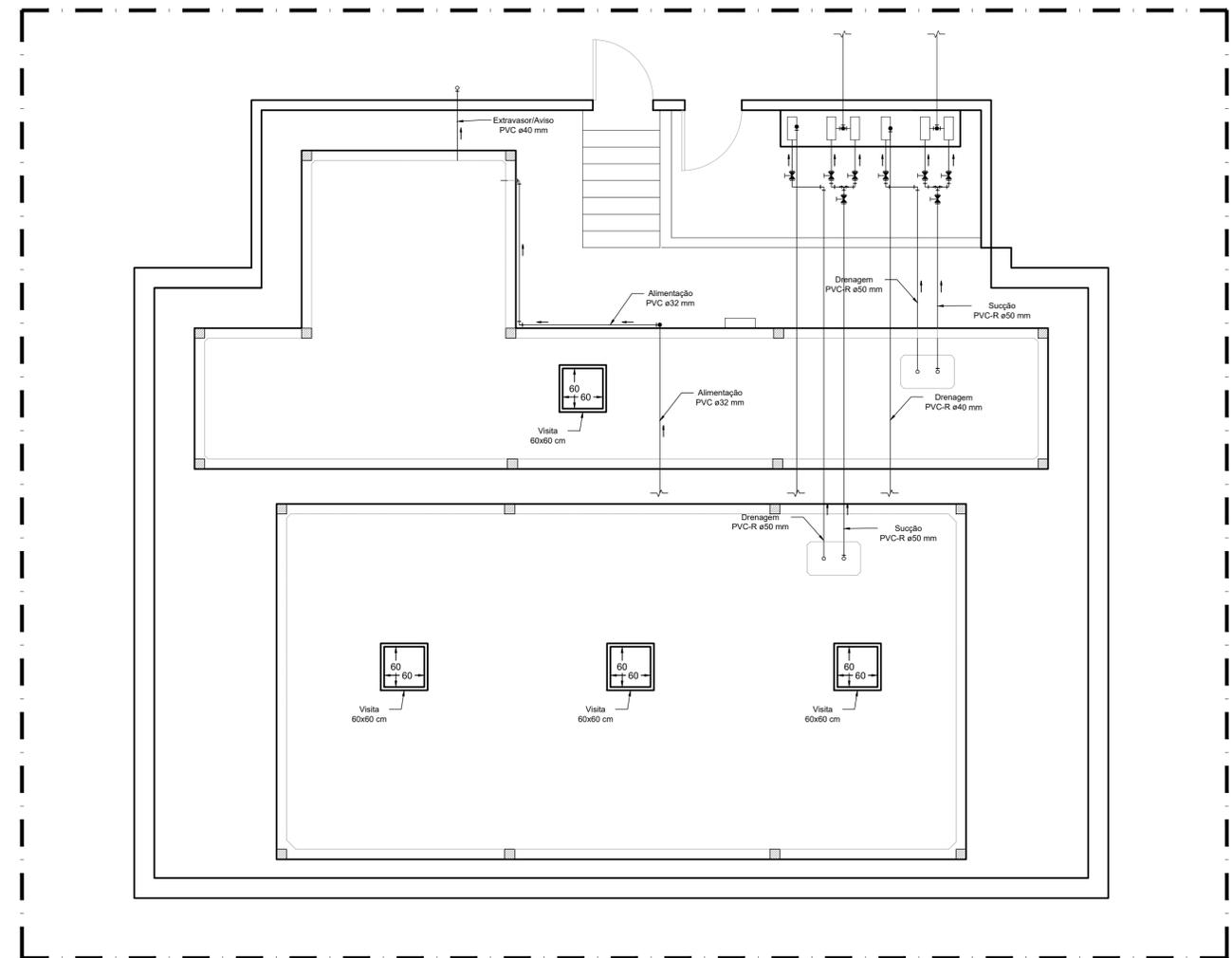
PLANTA BAIXA - COBERTURA
escala 1/75

LEGENDA	
■	TUBULAÇÃO DE ÁGUA FRIA
■	TUBULAÇÃO DE ÁGUA QUENTE

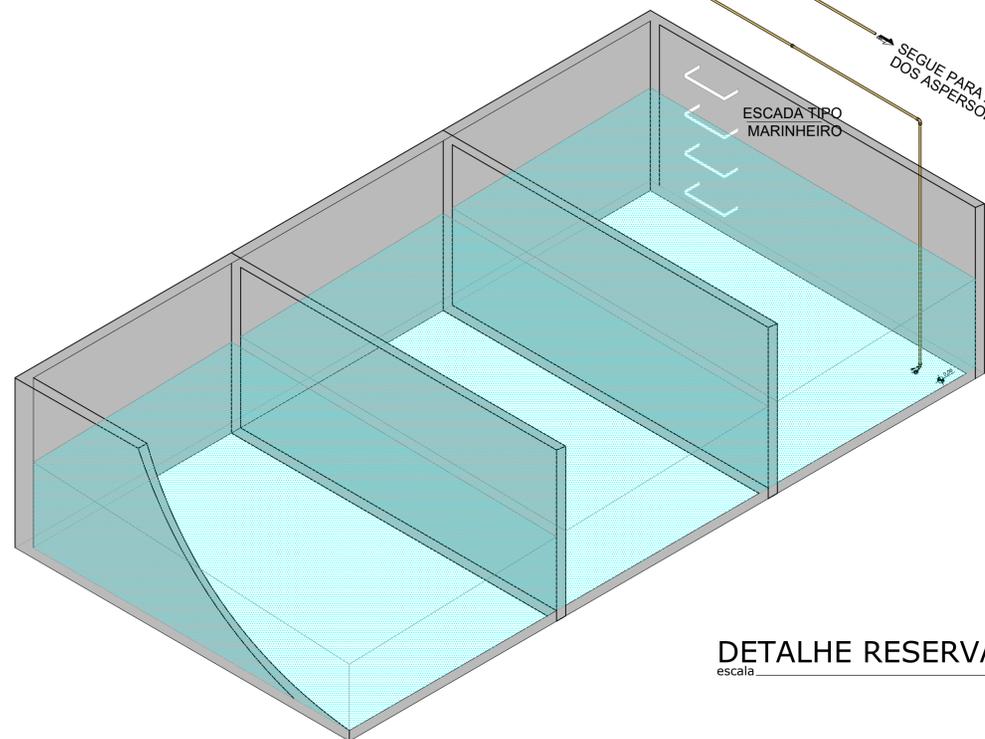
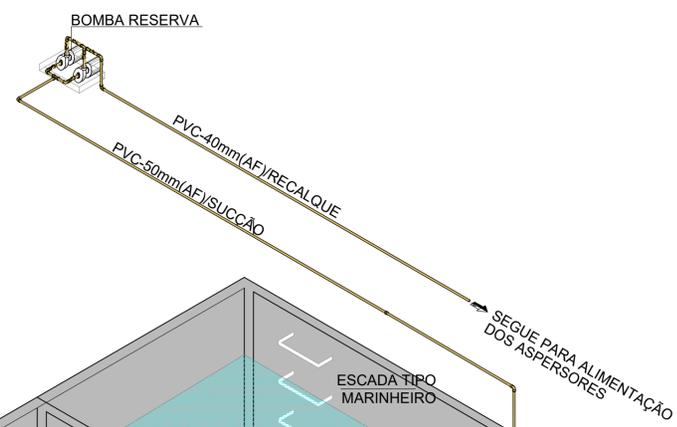
	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN	Escala: INDICADA
	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
Orientadora: MICHELINE D. D. MOREIRA	Curso: ENGENHARIA CIVIL	Data: JUN/2018
Discente: LUIZA DE FREITAS FURTADO		Plancha: 01/03
Conteúdo: PLANTAS BAIXAS - TÉRREO, PAV. TIPO E COBERTURA		



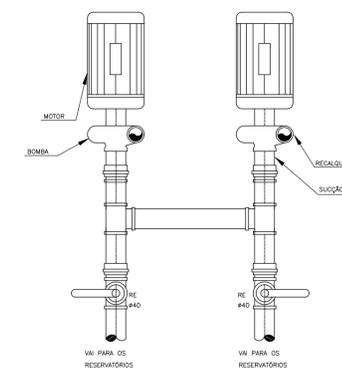
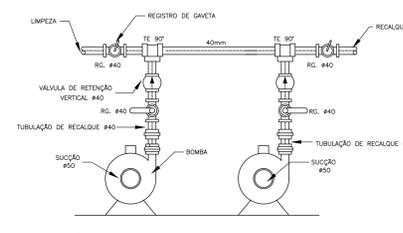
PLANTA BAIXA - SUBSOLO
escala 1/200



DETALHE RESERVATÓRIO INFERIOR
escala 1/50



DETALHE RESERVATÓRIO
escala 1/50



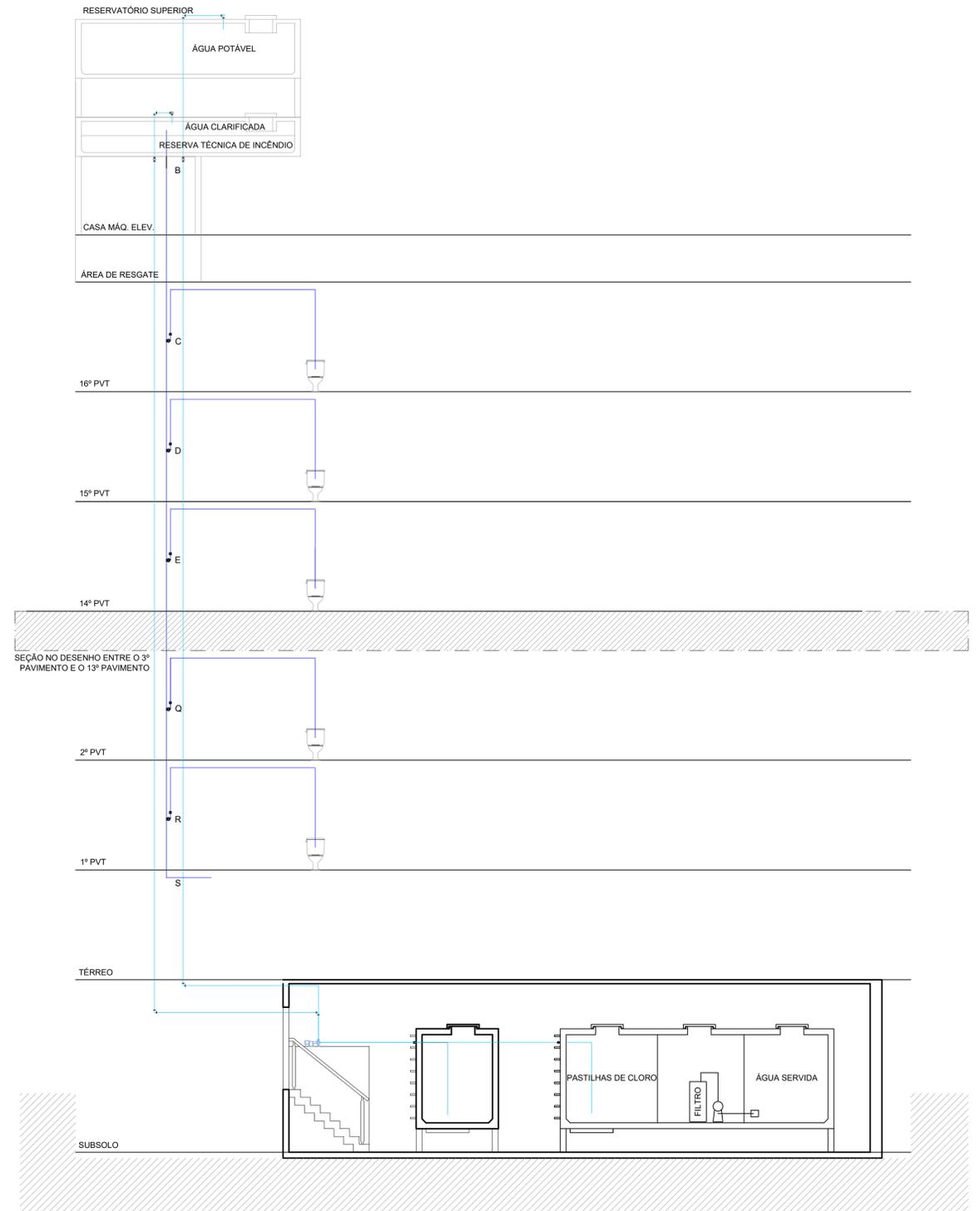
DETALHE BOMBAS DE RECALQUE
escala SEM ESCALA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN		Escala: INDICADA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		Data: JUN/2018
Orientadora: MICHELINE D. D. MOREIRA	Curso: ENGENHARIA CIVIL	
Disciplinas: LUIZA DE FREITAS FURTADO		Plancha: 02/03
Conteúdo: PLANTA BAIXA - SUBSOLO E DETALHES DO RESERVATÓRIO		



LEGENDA	
■	TUBULAÇÕES EXISTENTES
■	TUBULAÇÃO A SER ACRESCIDA

ESQUEMA VERTICAL - ESGOTO
 escala 1:75



LEGENDA	
■	TUBULAÇÃO DE SUÇÃO E RECALQUE
■	COLUNA DE DISTRIBUIÇÃO

ESQUEMA VERTICAL - ÁGUA FRIA
 escala 1:75