

MARLON SOUZA MORAES

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE
ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS EM UMA EDIFICAÇÃO
UNIFAMILIAR EM MACAÉ-RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. D.Sc. Bruno Barzellay Ferreira da Costa

Macaé - RJ

2021

MARLON SOUZA MORAES

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE
ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS EM UMA EDIFICAÇÃO
UNIFAMILIAR EM MACAÉ-RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 12 de agosto de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Bruno Barzellay Ferreira da Costa, D.Sc. – Orientador
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Arthur Rodrigues Martins, Arquiteto – Co-orientador
Membro Externo

Prof. Leandro Tomaz Knopp, M.Sc. – Membro Interno
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Macaé - RJ

2021

*Dedico esse trabalho a meus pais, Cileide e Esmeraldo,
a minha namorada, Thalita, e a todos aqueles que
sempre acreditaram em mim e no meu potencial
mesmo quando até eu duvidei.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me sustentar nos momentos mais difíceis, por me dar forças para continuar em todas as vezes que pensei em desistir, por me guiar até aqui em toda minha jornada acadêmica e profissional, por fortalecer a minha fé na busca dos meus objetivos e realização dos meus sonhos.

Aos meus pais, Cileide e Esmeraldo, que sempre me apoiaram, incentivaram e sustentaram até aqui. O bem mais precioso que vocês poderiam me dar era amor, afeto e educação. Foi graças a oportunidade que vocês me proporcionaram que pude me tornar quem sou hoje, e por isso serei eternamente grato.

A minha amiga e namorada Thalita, que sempre me apoiou, me incentivou quando não existia mais motivação e me tirou da inércia sempre que eu desistia de continuar. Sua fé e confiança em mim foram fundamentais para a concretização desse trabalho.

Ao meu orientador, professor e mestre, Bruno, por todos os ensinamentos durante o curso, por ter me inspirado em uma de suas palestras a escolher a Engenharia Civil e por mesmo com todos os motivos possíveis não desistir de mim nem do meu trabalho, que me incentivou e me acompanhou pacientemente, mesmo diante de inúmeros problemas e dificuldades que surgiram, que me permitiu levar esse trabalho até o fim. Quando qualquer um teria desistido, você me deu uma nova chance, e por isso sempre serei grato.

Aos meus terapeutas, Samuel e Bianca, que ouviram por inúmeras seções meus medos, me ajudaram a trabalhar e superar meus bloqueios aparentemente irracionais, me ajudando não somente a finalmente concluir esse trabalho, como também a me tornar uma pessoa melhor.

A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), campus Macaé, onde passei inúmeros anos da minha vida e vivi experiências incríveis, que contribuíram na formação da pessoa e profissional que sou hoje.

Ao arquiteto Arthur Martins e a toda equipe da empresa Ecoresidência por me receberem tão bem em sua sede por inúmeras vezes, por compartilhar seus dados e projetos que foram de fundamental importância para a conclusão desse trabalho e também por toda paciência empregada nas reuniões para explicar os conceitos do

projeto nos mínimos detalhes e por apoiar ao longo dos anos esse trabalho, até sua conclusão.

A todo o corpo docente do curso de engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por todo esforço e comprometimento na formação de profissionais capacitados e humanos melhores.

A todo o corpo discente do curso de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, campus Macaé, por toda a troca de conhecimento, apoio e incentivo nas atividades e no processo de aprendizado. Sinto orgulho de sermos colegas de profissão.

Aos professores que se dispuseram a analisar e avaliar esse trabalho, dispondo de seu tempo para gentilmente participar dessa banca.

A todos aqueles que de alguma forma me encorajaram a não desistir, seguir em frente e encarar meus desafios.

"Se alguém está sentado à sombra hoje é porque outra pessoa plantou uma árvore um dia."

Warren Buffet

RESUMO

A busca por um mundo mais sustentável tem ficado em evidência nos últimos anos. Nota-se um aumento na preocupação com a preservação dos recursos naturais visando manter um planeta minimamente habitável para as próximas gerações. Nesse contexto surgem as necessidades de diminuição nos níveis de desperdício e aumento da eficiência de utilização desses recursos. Essa tendência tem se expandido para todos os setores da economia, não sendo diferente na construção civil. Esse trabalho busca avaliar as alternativas possíveis atualmente para uma maior sustentabilidade – geração fotovoltaica, aproveitamento de água das chuvas e substituição do sistema de iluminação por Led – em uma edificação residencial unifamiliar localizada na cidade de Macaé, litoral norte do Rio de Janeiro. Deseja-se mitigar os impactos ambientais do uso dessa edificação, levantando os ganhos ao meio ambiente, mas ponderando também as questões econômicas e financeiras da implementação dessas alternativas, que foram orçadas e avaliadas através de métodos de análise econômica como valor presente líquido, taxa interna de retorno e payback tanto para o projeto como um todo quanto individualmente para cada etapa. Este trabalho mostrará os custos associados à implementação dessas soluções assim como o seu benefício financeiro. Assim, será possível demonstrar que, apesar da resistência de parte da população devido ao seu alto custo inicial, é possível construir uma edificação mais sustentável e ter retorno financeiro sobre esse projeto ao mesmo tempo.

Palavras-chave: eficiência energética; geração fotovoltaica; aproveitamento de água da chuva; iluminação led; edificação sustentável; viabilidade econômica.

ABSTRACT

The search for a more sustainable world has become even more evident. In recent years, the concern about preserving natural resources has increased, maintaining the goal of keeping the planet minimally habitable for the next generations. In this context, the needs of reducing the wasting levels and increasing the efficiency of the use of these resources emerge. This trend has expanded to all sectors of the economy, so it would not be different in civil construction. This paper intends to evaluate actual possible alternatives to a higher sustainability – such as photovoltaic generation, use of rain water and replacement of the lightening system for LEDs – in a single-family residential building located in the city of Macaé, on the north coast of Rio de Janeiro state, aiming to reduce the environmental impacts of the building usage, presenting the benefits to the environment but also pondering the economic and financial issues as well regarding the implementation of this alternatives which were budgeted and evaluated through economics analysis methods such as net present value, internal rate of return and payback not only for the whole project but also for each individual stage. This paper will show the associated costs to the implementation of these solutions and its financial return. So, it'll become possible to show that besides the resistance from a part of the population due to its high initial costs, it's viable to build a more sustainable building and have a return on investment at the same time.

Keywords: energy efficiency; photovoltaic generation; use of rain water; led illumination; sustainable building; economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Consumo anual de Energia no Brasil em TWh	16
Figura 2: Gráfico de Pareto do consumo de energia elétrica em TWh por setores no ano base de 2017.....	16
Figura 3: Distribuição do Consumo de Energia por setores no ano de 2017	17
Figura 4: Fluxo metodológico do trabalho	23
Figura 5: Matriz Elétrica Instalada no Brasil em 2006	32
Figura 6: Matriz Elétrica Instalada no Brasil em 2017	32
Figura 7: Evolução da Capacidade de geração hidrelétrica instalada no Brasil.	33
Figura 8: Oscilação da geração de energia através de fontes hidráulica no Brasil na última década.	34
Figura 9: Evolução da capacidade de geração termelétrica instalada no Brasil.....	34
Figura 10: Evolução da geração de energia termelétrica por cada tipo de combustível.	35
Figura 11: Evolução da capacidade de geração eólica instalada no Brasil.....	36
Figura 12: Evolução da geração de energia eólica no Brasil ao longo dos anos.	36
Figura 13: Capacidade de Geração por Fontes Solares ao longo dos anos	38
Figura 14: Distribuição da geração elétrica por fontes de energia no Brasil em 2017	39
Figura 15: Potência fotovoltaica de geração distribuída conectada à rede.	41
Figura 16: Esquema da composição de um sistema fotovoltaico.....	43
Figura 17: Área de captação em um telhado cerâmico.	46
Figura 18: Ilustração de Calhas e Condutores no sistema.....	46
Figura 19: Sistema de autolimpeza dentro do reaproveitamento.	47
Figura 20: Exemplo de filtro para águas pluviais.....	48
Figura 21: Ilustração de um reservatório enterrado.....	48
Figura 22: Esquemático de um extravasor em reservatório.	49
Figura 23: Modelo de lâmpada incandescente patenteado por Thomas Edison.	54
Figura 24: Exemplos de lâmpadas fluorescentes compactas no mercado.....	56
Figura 25: Exemplo de modelos de lâmpadas LED comercializadas atualmente	56
Figura 26: Variação do valor presente líquido (VPL) em função da taxa mínima de atratividade.....	60
Figura 27: Zoneamento bioclimático brasileiro	63
Figura 28: Cisterna em PEAD de uso enterrado para armazenamento de água da chuva.....	69
Figura 29: Equipamentos de adaptação da cisterna para armazenamento de água da chuva.....	69
Figura 30: Recomendações do fabricante para a instalação da cisterna	70
Figura 31: Locação da cisterna de água da chuva e tubulação no primeiro andar. ..	71
Figura 32: Caixa d'água simples para utilização como reservatório superior	72
Figura 33: Locação do reservatório superior e tubulação	72
Figura 34: Diagrama elétrico de ligação para eletrônível	73

Figura 35: Estrutura tarifária da concessionária e água e esgoto para a cidade em questão.	74
Figura 36: Componentes do Sistema Fotovoltaico proposto	77
Figura 37: Comparativo entre Consumo e Geração de Energia elétrica	78
Figura 38: Retorno sobre o investimento em geração fotovoltaica.....	80
Figura 39: Payback da substituição das Lâmpadas por lâmpadas LED.....	85
Figura 40: Payback Total do Investimento	88
Figura 41: Orçamento das lâmpadas fluorescentes compactas de 15W do fabricante Kian	113
Figura 42: Orçamento das lâmpadas fluorescentes compactas de 25W do fabricante Kian	113
Figura 43: Orçamento das lâmpadas bulbo de LED de 9W do fabricante Kian	114
Figura 44: Orçamento das lâmpadas bulbo de LED de 15W do fabricante Kian	114
Figura 45: Orçamento da bomba centrífuga monofásica de 0,5cv o fabricante Dancor	114
Figura 46: Orçamento da chave boia elétrica do fabricante Margilius.....	114
Figura 47: Orçamento da cisterna de água da chuva 2800L do fabricante Acqualimp	115
Figura 48: Orçamento da caixa d'água polietileno 1000L do fabricante Fortlev	115
Figura 49: Plantas de cobertura, situação, cortes e plantas baixas dos pavimentos.	116
Figura 50: Planta do projeto elétrico do pavimento inferior	117
Figura 51: Planta do projeto elétrico do pavimento superior	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Projeção Oferta/Demanda de água nas regiões brasileiras para 2015	44
Tabela 2: Dados Pluviométricos para a cidade e Macaé - RJ	64
Tabela 3: Parâmetros para estimativa da demanda residencial de água	65
Tabela 4: Parâmetros para estimativas da demanda residencial de água para uso externo	65
Tabela 5: Dados pluviométricos do período entre 2014 e 2018	66
Tabela 6: Coeficiente de Runoff	67
Tabela 7: Resultados do Método de Rippl para o dimensionamento do reservatório	68
Tabela 8: Inflação hidráulica projetada com base nos últimos cinco anos	75
Tabela 9: Relação investimento x retorno e payback para o sistema de aproveitamento de água das chuvas	76
Tabela 10: Consumo Mensal de Energia Elétrica da Edificação	77
Tabela 11: Comparativo entre as médias de Consumo e Geração mensais	78
Tabela 12: Demonstrativo do Retorno Anual do Investimento do Projeto	79
Tabela 13: Resumo de pontos de iluminação do pavimento inferior	80
Tabela 14: Resumo dos pontos de iluminação do pavimento superior	81
Tabela 15: Consolidação dos pontos de iluminação previstos para a edificação	81
Tabela 16: Custo de aquisição de cada tipo de lâmpada	82
Tabela 17: Custos estimados para a aquisição de lâmpadas considerando um ciclo de consumo de 25000h	82
Tabela 18: Diferença de custo considerando o upgrade pra LED	83
Tabela 19: Consumo Mensal Estimado de Energia com cada tipo de Iluminação	83
Tabela 20: Payback do investimento em lâmpadas LED levando em consideração apenas a diferença de custo de aquisição vs redução no consumo.	84
Tabela 21: Índices de substituição das lâmpadas durante 25 anos.	85
Tabela 22: Quantidades e valores totais de aquisição das lâmpadas para os 25 anos de uso.	86
Tabela 23: Valor que se deixaria de gastar em substituições de lâmpadas optando pela tecnologia LED.	86
Tabela 24: Composição do custo total do projeto	87
Tabela 25: Payback Geral do Projeto.....	87
Tabela 26: Fluxo de Caixa descontado do projeto	90
Tabela 27: Planilha orçamentária elaborada para a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva	102
Tabela 28: Composições de custo unitárias utilizadas no orçamento de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva.	104

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Contextualização	14
1.2 Problematização	19
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo Geral	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
1.4 Justificativa	20
1.5 Metodologia	21
1.6 Estrutura do Trabalho	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1 Sustentabilidade	26
2.2 Eficiência Energética	29
2.2.1 Geração de Energia Fotovoltaica.....	39
2.2.2 Uso Racional da água e aproveitamento de águas pluviais	43
2.2.2.1 Composição dos sistemas de aproveitamento de água das chuvas ..	45
2.2.2.1.1 Área de Captação	45
2.2.2.1.2 Calhas e condutores	46
2.2.2.1.3 Autolimpeza.....	47
2.2.2.1.4 Peneiras e Filtros	47
2.2.2.1.5 Reservatório	48
2.2.2.1.6 Extravasor (“ladrão”)	48
2.2.2.2 Dimensionamento do Reservatório	49
2.2.2.2.1 Dimensionamento através do Método de Rippl	50
2.2.2.2.2 Método da Simulação.....	50
2.2.2.2.3 Método Prático do Professor Azevedo Neto.....	51
2.2.2.2.4 Método Prático Alemão	52
2.2.2.2.5 Método Prático Inglês.....	52
2.2.2.2.6 Método Prático Australiano	52
2.2.3 Eficiência Energética na Iluminação	53
2.3 Análise Econômica	58
2.3.1 Valor presente líquido	59

2.3.2 Taxa interna de retorno.....	59
2.3.3 Payback.....	60
2.3.4 Payback descontado.....	61
3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	62
3.1 Caracterização da Edificação	62
3.2 Aproveitamento de água das chuvas.....	63
3.2.1 Dados Pluviométricos	64
3.2.2 Estimativa de Demanda.....	64
3.2.3 Dimensionamento do reservatório	66
3.2.3.1 Método Prático de Azevedo Neto	66
3.2.3.2 Método Prático Alemão.....	67
3.2.3.3 Método de Rippl.....	67
3.3 Orçamento	69
3.4 Energia fotovoltaica	76
3.5 Iluminação	80
3.6 Análise Financeira Total do projeto.....	87
3.6.1 Payback.....	87
3.6.2 Valor presente líquido	89
3.6.3 Taxa Interna de Retorno	91
3.6.4 Payback descontado.....	91
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	92
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
Anexo A: Planilha orçamentária	102
Anexo B: Composição de custos unitários	104
Anexo C: Orçamentos externos.....	113
Anexo D: Plantas da edificação	116

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A indústria da construção civil é uma das mais antigas e importantes do mundo. No caso do Brasil, essa importância é ressaltada no artigo 6 da Constituição Federal, que institui o direito à moradia a todos os cidadãos, que é reforçado pelo artigo 2 do Estatuto da Cidade (BRASIL, 1988 e 2001). Essa indústria foi uma das primeiras a se desenvolver a partir da necessidade humana de habitação, ou seja, de possuir um lugar seguro para se abrigar, seja de intempéries, seja de catástrofes naturais ou até mesmo de predadores presentes no início do desenvolvimento da espécie. O crescimento desse setor é um dos principais pilares que sustenta o desenvolvimento e a capacidade de produção do país. Com o passar dos anos, essa indústria foi evoluindo e se modernizando até se tornar o atual e complexo setor da economia que conhecemos hoje.

Segundo dados da Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil (IBGE, 2020) o país movimentou R\$ 278bi em incorporações, obras e/ou serviços de construção no ano de 2018, empregando 1,9 milhões de pessoas, representando aproximadamente 4% do PIB nacional. Os produtos gerados por esse mercado são divididos em sete categorias, sendo as duas principais – obras residenciais e serviços especializados – representando quase a metade desse valor. Estima-se que em torno de 26% do montante foi proveniente de obras residenciais, valor esse que cresceu muito ao longo dos últimos 10 anos devido principalmente a facilitação de condições para concessão de crédito habitacional e a expansão dos programas habitacionais governamentais, além do aumento do poder de compra das famílias nesse período. Os serviços especializados para a construção representam 19% do total, demonstrando uma alta demanda de mão-de-obra especializada devido ao avanço tecnológico que vai aos poucos inovando esse setor tão tradicional da economia (IBGE, 2020).

Pinheiro (2003) descreve a construção civil como a maior responsável por prover soluções para atender as principais necessidades básicas para o desenvolvimento, seja ele econômico e/ou sustentável. De moradias e edificações corporativas a obras pesadas de infraestrutura tais como pontes, viadutos, túneis, estradas, terminais portuários, entre outras. Contudo, essas soluções trazem

consigo alguns impactos, que nada mais são do que mudanças significativas no meio ambiente, em sua maioria para pior, podendo vir a comprometer todos os recursos disponíveis e o meio ambiente que conhecemos hoje, assim como por efeito cascata, impactar também no meio ambiente de gerações futuras. Segundo Mangialardo et al. (2019), apesar de sua vital importância para o desenvolvimento da sociedade, essa indústria é também a maior consumidora de energia e emissora de gases do efeito estufa.

Um diferencial, que também é agravante, para outros tipos de indústrias se dá pela particularidade de que, diferentemente das demais, na construção civil o alto consumo de energia e recursos se dá não somente na concepção e desenvolvimento do produto, mas perdura após a sua entrega, durante toda a sua vida útil, podendo chegar a dezenas ou até mesmo centenas de anos. Pinheiro (2003) reforça a importância da consideração dos edifícios nessas análises, justamente pela sua longa vida útil somadas às altíssimas demandas de recursos, tais como água, energia elétrica, matérias primas em geral e também seu alto índice de geração de resíduos, que impacta basicamente em retirar recursos naturais do meio ambiente e devolver um material de nenhum valor agregado e muitas vezes nocivo.

Com o aceleramento da economia em conjunto com a estimulação do setor de construção, é esperado que o número de novas edificações siga crescendo, o que fará com que as taxas de consumo energético sigam crescendo de maneira constante nos próximos anos. Se considerarmos as edificações já em operação, esse número será ainda maior. Na Figura 1, podemos observar o crescimento constante do consumo de energia no Brasil representados pela linha sólida. Ao fazer um ajuste linear no gráfico, é possível notar que a linha de tendência indica crescimento desse consumo para os próximos anos, representado pela linha pontilhada.

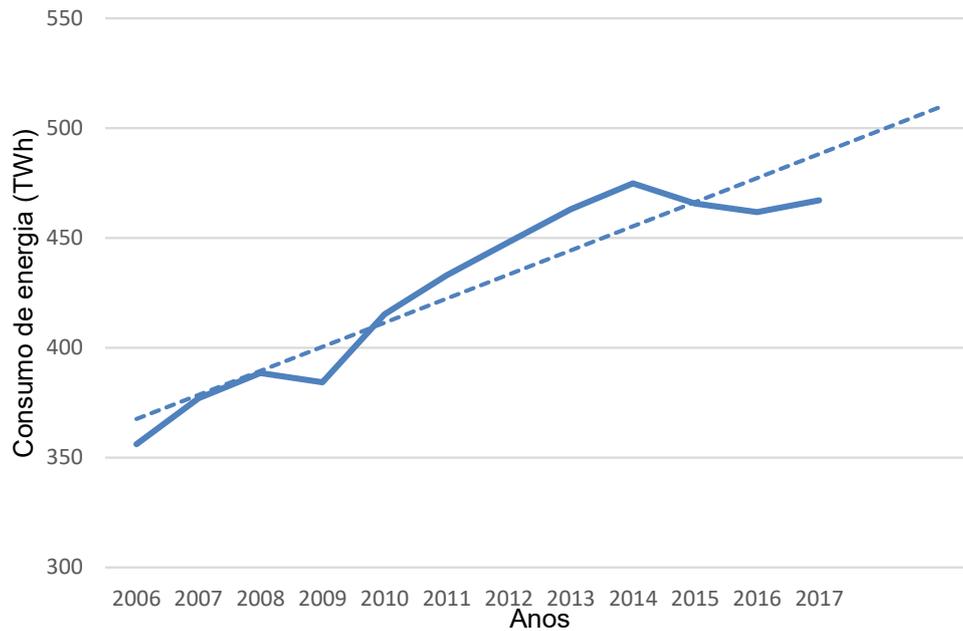


Figura 1: Consumo anual de Energia no Brasil em TWh
 Fonte: Adaptado de EPE (2018)

Observando o gráfico de Pareto ilustrado na Figura 2, referente ao consumo por classes no ano base de 2017, podemos constatar que os setores industrial e residencial são os maiores consumidores de energia elétrica, seguidos imediatamente pelo setor comercial.

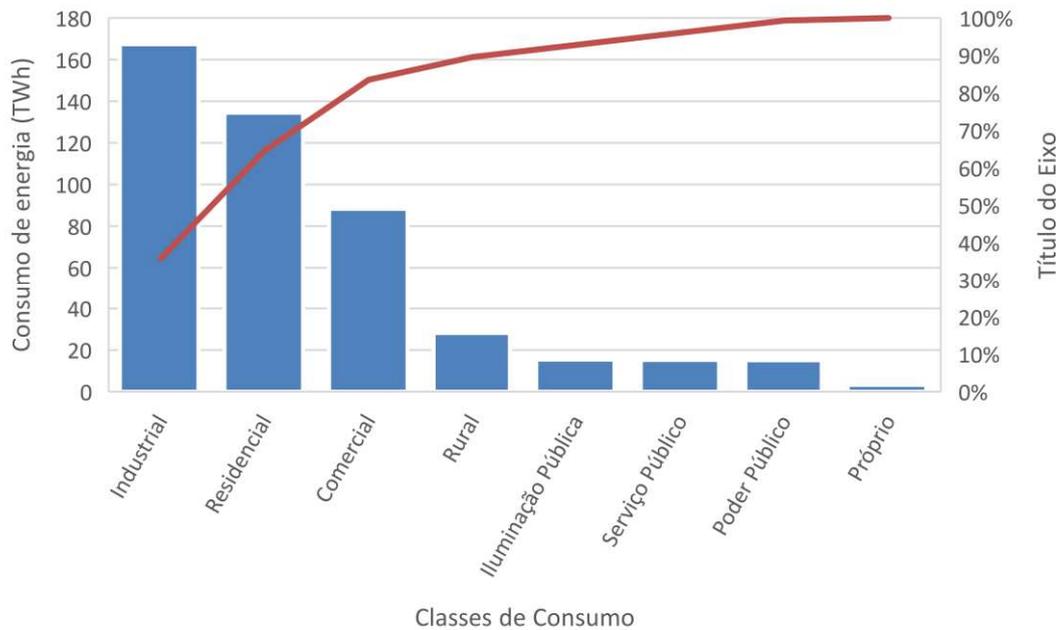


Figura 2: Gráfico de Pareto do consumo de energia elétrica em TWh por setores no ano base de 2017.
 Fonte: Adaptado de EPE (2018).

A Figura 3 mostra, de forma mais visual, como o consumo de energia no Brasil é distribuído entre essas classes, evidenciando a relevância dos setores residencial

e comercial no contexto de consumo total. Estima-se que, juntos, ambos são responsáveis por aproximadamente 48% de todo o consumo energético no país (EPE, 2018). Se considerarmos também os setores de serviço público e poder público, essa taxa chega a 54%. A análise dos tipos de operações existentes nesses setores, permite concluir que a maior parte desse consumo está concentrado na operação da edificação em si, o que representa mais da metade do consumo nacional.

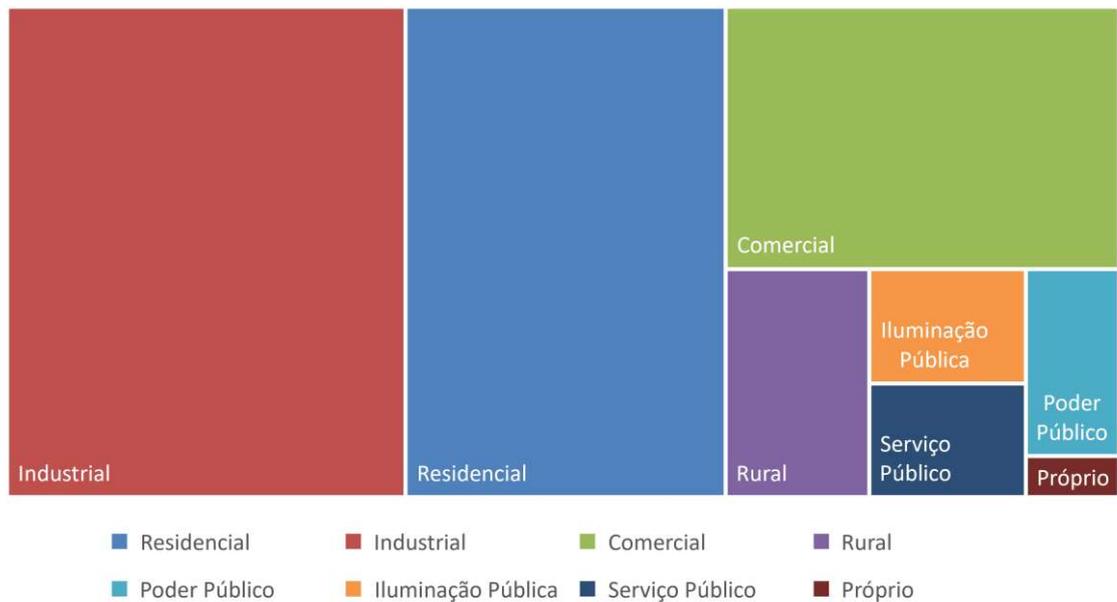


Figura 3: Distribuição do Consumo de Energia por setores no ano de 2017
Fonte: Adaptado de EPE (2018).

Nos últimos anos tem-se discutido a respeito do controle e redução do consumo energético por diversos fatores, sendo o principal deles a diminuição dos gases do efeito estufa visando o combate ao aquecimento global, para assim viabilizar o cumprimento das metas determinadas no acordo de Paris (LEE et al., 2018). Estima-se que o setor residencial sozinho seja responsável por cerca de 30% de todo o consumo de energia elétrica em países desenvolvidos (DÁVI, 2013).

Com o avanço tecnológico exponencial dos últimos anos, tem surgido aparelhos e dispositivos que necessitam de eletricidade para funcionar, o que vem aumentando a demanda energética constantemente, contudo finalmente esse avanço começou a trazer novas tecnologias, tais como equipamentos de iluminação mais eficientes, sensores de presença, dispositivos de geração de energia

fotovoltaica, função “standby”, entre outros que vem sendo aplicadas na redução desse consumo.

Essas novas tecnologias em conjunto com a necessidade de redução dos gases do efeito estufa tem mudado a maneira com que novos projetos de edificações são concebidos e executados, tendendo a conter conceitos de eficiência energética e energias renováveis aplicadas a geração de energia (DÁVI, 2013). Com isso, ganham força nesse mercado os conceitos de edificações sustentáveis, que englobam não só a questão da eficiência energética, como também a eficiência no consumo de água, conforto térmico, entre outros.

Tem-se discutido nos tempos atuais novas soluções de geração de energia, principalmente energia renovável, com estações de geração próximas as cargas que podem gerar redução de recursos dispendidos na distribuição e transmissão. Paralelamente discute-se não somente o racionamento, mas também estratégias para reutilização da água e reaproveitamento de recursos pluviais, como medidas de implementação do uso racional da água.

Todas essas discussões relacionadas a preservação ambiental e sustentabilidade, juntamente com os movimentos internacionais a elas relacionados, estão presentes no dia-a-dia da população. A partir do desenvolvimento de novas tecnologias, surge a oportunidade de otimização dos meios de produção, aumentando a eficiência e diminuindo os custos de operação, o que atrai o interesse do sistema econômico atual do país. Dentre esses movimentos internacionais, vale destacar o acordo de Paris e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

O Acordo de Paris foi aprovado em 12 de dezembro de 2015, entrando em vigor em 04 de novembro de 2016, um tempo recorde para um acordo dessa envergadura. Sua elaboração visou substituir o protocolo de Kyoto, suprimindo suas deficiências e englobando mais países. O Brasil assinou o acordo, se comprometendo com o cumprimento de determinadas metas, tais como: redução da emissão de gases do efeito estufa em 37%, potencializando essa redução para 43% até 2030 se comparados aos dados de emissão de 2005; uso de fontes alternativas de energia; aumentar a participação de bioenergias na matriz energética brasileira para 18% até 2030; implementar e disseminar tecnologias limpas nas indústrias e reflorestar 12 milhões de hectares (ONU, 2021).

A Organização das Nações Unidas desenvolveu em conjunto com seus parceiros um programa com 17 objetivos que abordam os principais desafios do desenvolvimento sustentável enfrentados tanto no Brasil quanto no mundo. Esses objetivos são uma meta para a agenda de 2030 da organização. Entre eles, vale a pena destacar os seguintes: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos; assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos e tornar cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ONU, 2021).

1.2 Problematização

É uma necessidade global a busca por eficiência energética e redução do uso da água, visando a preservação dos recursos naturais existentes e a redução da emissão de gases do efeito estufa, estabilizando assim as condições ambientais para as futuras gerações. Contudo, essa consciência não está totalmente difundida no Brasil, sendo difícil despertar o interesse pelo assunto somente visando o bem-estar social e preservação do meio ambiente. Martine e Alves (2015) confirmam isso ao discorrerem em seu trabalho sobre como o crescimento econômico tem se sobreposto a preservação ambiental.

Apesar da implementação de programas de selos e etiquetagem ambientais tais como o selo Casa Azul e o PBE Edifica, ainda existem dificuldades de convencer proprietários de edificações residenciais e privadas a aderir a esses princípios, pois normalmente essas adequações exigiriam um retrofit de alto investimento financeiro ou elevação no custo da construção, o que não seria justificável pela ausência da consciência dos impactos ambientais atuais.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Estudar aplicação de técnicas e soluções para obtenção de maior sustentabilidade em uma edificação residencial unifamiliar.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudar os conceitos de sustentabilidade e eficiência energética;

- Avaliar soluções de eficiência energética para uma edificação residencial unifamiliar;
- Estudar e compreender os benefícios dessas soluções sob os aspectos ambientais e financeiros;
- Orçar a implementação dessas alternativas;
- Estimar os benefícios e o retorno financeiro de cada uma dessas soluções individualmente;
- Estimar o retorno sobre o investimento e analisar a viabilidade econômica;
- Calcular o retorno financeiro do projeto como um todo, com todas as soluções implementadas, assim como analisar sua viabilidade econômica.

1.4 Justificativa

Na sociedade contemporânea, é notável a necessidade de o estado ser mais proativo e menos reativo no que diz respeito a implementação de práticas e processos sustentáveis. Parte disso é proveniente do seu alto poder aquisitivo, que lhe dá o direito de escolher e definir critérios na hora de comprar produtos ou contratar serviços, como também seu poder regulatório de legislar e definir critérios cujos mercados específicos devem seguir. É comum encontrar padrões de produção e consumo presentes no mercado há algumas décadas que podem ser considerados insustentáveis, debatidos em conferências internacionais realizadas pela Organização das Nações Unidas e que, caso os estados se organizem para tal, podem vir a contribuir e muito para o combate a esses padrões (COSTA, 2018).

Segundo Dávi (2013), a época de seu estudo era previsto um grande aumento no consumo dos combustíveis fósseis e derivados de petróleo para as próximas duas décadas. Esse aumento somado ao crescente aumento na demanda energética, movido principalmente pelo desenvolvimento das atividades industriais, faria com que os custos desses combustíveis subam consideravelmente. Considerando que os combustíveis fósseis são recursos escassos e finitos – ainda excluindo-se os graves impactos ambientais provenientes de sua queima – o aumento da demanda faz crescer a necessidade do desenvolvimento de alternativas

mais sustentáveis de produção energética. Nesse cenário, a energia solar ganha força por ser de simples aplicação e execução, consistindo na instalação de painéis ou placas em usinas geradoras próximas aos centros consumidores, ou até mesmo nos telhados das edificações, sendo esses capazes de transformar facilmente a energia solar em energia elétrica própria para o consumo direto através da simples aplicação do efeito fotovoltaico (DÁVI, 2013).

Por ser um país emergente e com baixos níveis de investimento na educação básica, o Brasil ainda não incentiva tanto a cultura sustentável e o desenvolvimento de geração de energia limpa, sendo estes conceitos muitas vezes desconhecidos pela própria população. Sem consciência dos impactos que o uso de energias não renováveis traz não só para os dias de hoje, como para o futuro, o maior e mais difundido critério para a tomada de decisão do brasileiro tem sido o preço. Pelos fatores acima, adicionados a falta de disseminação de inteligência financeira – principalmente em finanças pessoais – os cidadãos são levados a optar sempre por aquela opção que possui o menor custo inicial, sem considerar os possíveis impactos futuros dessa decisão.

Com essa carência de conhecimento, espera-se gerar uma base maior para a tomada de decisão através desse estudo, demonstrando os principais benefícios imediatos e futuros desse tipo de edificação e incentivando o público em geral a sempre buscar o pensamento de longo prazo e a utilização desse tipo de considerações nas suas decisões do dia-a-dia.

1.5 Metodologia

Inicialmente, foi analisado o contexto do trabalho e suas motivações para ser avaliada a relevância do mesmo para a sociedade. Dada a limitação dos recursos naturais e a necessidade de construções mais sustentáveis, assim como o uso de energias renováveis, foi definida como relevante a avaliação econômico-financeira de um projeto com essas características, para que pudesse ser entendido se essa proposta já era viável sob essa perspectiva, uma vez que é um dos aspectos de maior peso na decisão de construção.

Foi então realizada uma pesquisa bibliográfica, visando aumentar o conhecimento dos conceitos acerca do tema envolvendo inicialmente sustentabilidade e eficiência energética. Através desse processo foram elucidadas

as questões relacionadas a sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, seguidos de uma análise da matriz energética brasileira e o uso de fontes renováveis e não renováveis. O estudo sobre eficiência energética pôde trazer as alternativas sustentáveis mais simples na construção de uma residência, passando por geração de energia fotovoltaica, eficiência na iluminação e o método de aproveitamento da água das chuvas, onde além de descrever todo o processo e sistema de aproveitamento, também traz as considerações possíveis para os dimensionamentos dos reservatórios.

A escolha da edificação que serviu de modelo para esta análise foi realizada em conjunto com a empresa Ecoresidência, que foi parceira nesse trabalho. Foi escolhida uma residência e então caracterizada, levantando todas as suas características relevantes para esse projeto através das plantas fornecidas pela empresa, com autorização do proprietário.

Através de uma consulta ao instituto nacional de meteorologia (INMET), puderam ser obtidos os dados pluviométricos da cidade de Macaé, região onde a edificação do estudo será construída, que posteriormente foram avaliados, constituindo a base para estimativas do volume médio de chuvas na localização durante o ano.

Na sequência foram definidos para quais tipos de uso de água seria viável a substituição de água potável por água da chuva e assim determinada, através de embasamento bibliográfico, a estimativa da demanda a ser consumida com base nos usos da água apontados e nos usuários da edificação.

A determinação do tamanho do reservatório a ser instalado foi realizada através do método de Rippl, sendo posteriormente feito todo o levantamento quantitativo de insumos e serviços necessários para a instalação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva. Em posse desses dados, foi elaborado o orçamento total da instalação e feito um paralelo com os custos com água potável, avaliando o custo benefício e o retorno sobre esse investimento através do método payback dessa instalação.

Um estudo realizado pela empresa Ecoresidência foi utilizado como base para a análise de instalação de um sistema de geração fotovoltaica de energia na edificação, tendo o sistema todo sido calculado e orçado pela empresa, assim como

o retorno estimado sobre o investimento, considerando já a inflação elétrica projetada para o período.

Para a avaliação da eficiência energética no que tange a iluminação, foram levantados todos os pontos de iluminação previstos no projeto da edificação, sendo analisados e proposto uma simples substituição das lâmpadas por modelos similares com tecnologia mais econômica e de maior vida útil, onde foram levantados os custos de substituição através de pesquisa de mercado, a economia provável com o consumo e com substituições de lâmpadas queimadas, e avaliada a viabilidade econômica da proposta através do método payback.

Por fim, todas as análises financeiras foram consolidadas e avaliadas, tanto individualmente quanto em conjunto, buscando a determinação da viabilidade ou não da realização do projeto.

Na figura 4 abaixo é possível observar o fluxo metodológico do trabalho.

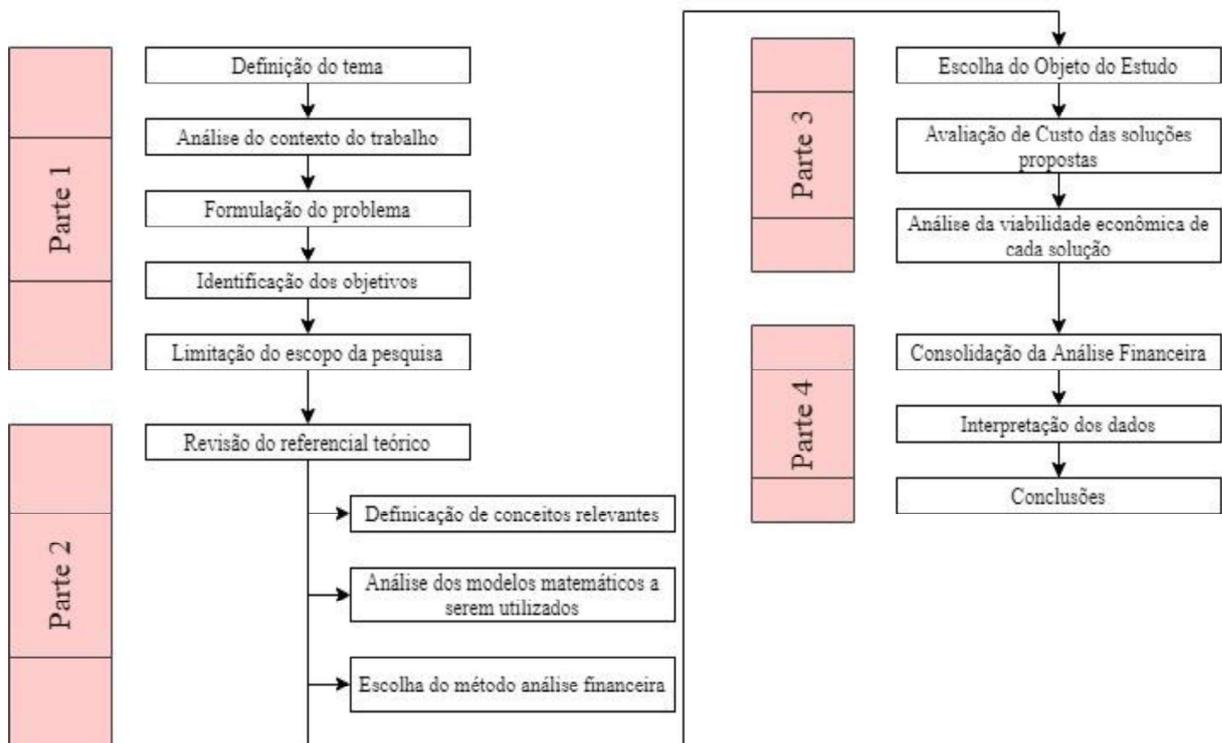


Figura 4: Fluxo metodológico do trabalho
Fonte: Elaborado pelo Autor.

1.6 Estrutura do Trabalho

Neste introdutório é realizada uma breve contextualização, mostrando sua relevância no cenário atual, apontando a problemática a ser por ele resolvida e a

abordagem que será dada ao decorrer do trabalho. É apontado também os objetivos principais da pesquisa, a justificativa do porquê se faz necessário o atingimento deles e é apresentada a metodologia que será empregada para desenvolver as análises. É apresentado ainda a estrutura do texto em capítulos, visando elucidar a abrangência de cada um dos temas em cada um deles e assim facilitar a compreensão do texto como um todo.

No segundo capítulo é feito um levantamento bibliográfico dos assuntos fundamentais para a realização do trabalho, começando pelos conceitos de sustentabilidade, sustentável e desenvolvimento sustentável, abordando a diferença entre eles e os maiores desafios na implementação deles. É também abordado o conceito de eficiência energética, como e porque ela se faz necessária atualmente e as alternativas para buscá-la, através de geração de energia renovável, aproveitamento de água das chuvas, eficiência luminotécnica, entre outros pontos. É nesse capítulo que é feita uma análise da matriz energética nacional para avaliar a composição atual da mesma e as expectativas futuras. São também apresentados os conceitos básicos de análise econômica que serão utilizados nas avaliações realizadas no trabalho.

A parte técnica, de aplicação conceitual e de cálculos pode ser encontrada no terceiro capítulo. É nele onde são analisados os dados pluviométricos para a estimativa da média de chuvas, as demandas para uso não potável da água, dimensionamento do reservatório e levantamento quantitativo dos insumos para a realização da instalação do sistema, assim como a orçamentação e análise econômica. Também foi realizada a análise dos dados obtidos sobre o projeto de geração de energia fotovoltaica e calculada a substituição do sistema de iluminação por um mais eficiente, analisando a diferença entre os dois modelos e os custos de substituição, para avaliar também o payback e viabilidade financeira da troca.

A discussão dos resultados é feita no quarto capítulo, onde os resultados são interpretados e analisados, para que a partir deles possam ser adotadas as conclusões cabíveis

Por fim, a conclusão é feita no quinto capítulo, fechando o raciocínio desenvolvido durante o trabalho, mostrando o que se pode concluir de todo esse estudo, assim como sugestões para trabalhos futuros.

Ao final do trabalho, espera-se poder analisar as diferenças de custo entre uma edificação convencional e uma edificação com recursos para aumentar a sustentabilidade – nesse caso aplicando tecnologia de geração de energia fotovoltaica, aproveitamento de água da chuva e substituição da iluminação por LED – e avaliar os seus benefícios não somente socioambientais como também financeiros. A partir disso, pretende-se demonstrar que a implementação das sugestões propostas também pode ser considerada como um investimento vantajoso e de retorno financeiro a médio prazo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sustentabilidade

Popularizou-se na última década expressões como “sustentabilidade”, “sustentável” e “desenvolvimento sustentável”, mas a verdade é que ainda pouco se sabe sobre as suas reais definições e diferenças entre nomenclaturas. Feil e Schreiber (2017) desenvolveram um estudo focado exatamente nessas questões, onde eles sintetizam a essência do conceito de sustentável como uma solução a deterioração dos recursos naturais e esgotamento dos recursos energéticos, levados a escassez devido ao desenvolvimento econômico, buscando novas alternativas embasado não somente em superar o obstáculo de uma possível escassez como também na preocupação com o futuro da humanidade, visando garantir condições e recursos naturais adequados para atender as necessidades de vida das próximas gerações.

Feil e Schreiber (2017) trazem o seguinte conceito para sustentável:

...o termo sustentável é responsável pela geração de uma solução em relação à deterioração verificada nas inter-relações do sistema global ambiental humano. A ideia de sustentável é suportada pelo processo de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, ou seja, pode ser considerada um “guarda-chuva”. Portanto, a direção e o foco da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável devem estar alinhados com o intento final de ser sustentável considerando a equidade dos aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Não há atualmente no mundo um consenso determinado para conceituar os termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, o que acaba tornando recorrente a confusão e falta de discernimento no que remete a suas respectivas definições (BELL e MORSE, 2008).

A sustentabilidade é uma denominação utilizada na abordagem da qualidade e propriedade de um sistema considerando suas interações humanas e ambientais. É um conceito que transmite a preocupação com essa relação, englobando todos os aspectos inter-relacionados nesse sistema, como sociais e econômicos, além dos ambientais (FEIL e SCHREIBER, 2017).

É de comum conhecimento que a ideia principal no que tange a sustentabilidade diz respeito a garantir um mundo melhor para seus descendentes, o que não é tão exato assim são os aspectos que envolvem esse dito mundo melhor. Os artigos e publicações quase que em sua totalidade reforçam a falta de consenso

e exatidão no mérito de definir esses termos corretamente. É habitual que autores diversos tenham distintos entendimentos e conceituações acerca destes temas, sendo também comum cada um buscar a sua definição preferida para utilizar, ou seja, aquela que mais corrobore com seu entendimento (BELL e MORSE, 2008).

De acordo com Feil e Schreiber (2017):

A sustentabilidade é um processo que mensura o grau ou nível da qualidade do sistema complexo ambiental humano com o intuito de avaliar a distância deste em relação ao sustentável. Esta avaliação, em especial, é realizada com propriedades quantitativas denominadas de indicadores e índices de sustentabilidade. Estes, por sua vez, podem identificar quais os aspectos – ambiental, social ou econômico – caso o sistema não atinja o nível sustentável desejado – são responsáveis e quais devem ser reposicionados ou corrigidos.

A sustentabilidade não é um conceito estático, podendo ser compreendido de maneiras distintas conforme cada autor. A sustentabilidade também pode ser separada em dois conceitos diferentes, como sustentabilidade econômica e ambiental. Essa divisão corresponde a dois pontos de vista diferentes para se analisar, que apesar de parecerem independentes, devem andar em conjunto (BELL e MORSE, 2008; PERMAN et al., 2003).

Fresco e Kroonenberg (1992) discorrem sobre os aspectos ambientais, afirmando que:

O termo “sustentabilidade” é normalmente utilizado para indicar os limites definidos para o uso de ecossistemas pelos humanos, ou mais especificamente para a maneira que cada um dos recursos pode ser utilizado para atingir as necessidades de mudanças sem reduzir a base de recursos naturais. (...) A sustentabilidade de um ecossistema natural pode ser definida como um equilíbrio dinâmico entre entradas e saídas naturais, modificadas por eventos externos como, por exemplo, mudanças climáticas e desastres naturais. **(tradução nossa)**

Um estudo foi realizado por Lynam e Herdt (1989) abordando a sustentabilidade na agricultura internacional, sendo a mesma definida como “... a capacidade de um sistema de manter seus produtos a um nível aproximadamente igual ou maior que sua média histórica, com aproximação determinada pelo nível histórico de variabilidade.”.

O desenvolvimento sustentável pode ser encarado como um plano ou conjunto de estratégias que se utiliza de processos que objetivam colocar em prática os ideais levantados anteriormente, ou seja, motivar e direcionar uma possível mudança no comportamento humano para viabilizar um crescimento econômico e social de uma sociedade em conjunto com a preservação do meio ambiente, assim

conseguindo garantir disponibilidade de recursos para gerações futuras em uma balança imaginária onde os aspectos econômicos, sociais e ambientais se equilibram de maneira perfeita (FEIL e SCHREIBER, 2017).

A *World Conservation Union* (IUCN) define desenvolvimento sustentável como “...desenvolvimento que provê significativas melhorias na qualidade da vida humana e ao mesmo tempo conserva a vitalidade e diversidade do planeta Terra” (IUCN, UNEP e WWF, 1991).

Esse conceito pode ser sintetizado nas palavras de Feil e Schreiber (2017) como:

O desenvolvimento sustentável é o processo que entra em cena com base em estratégias para aproximar o sistema ambiental humano ao nível de sustentabilidade com vistas a que a vida deste complexo sistema se harmonize e perpetue ao longo do tempo. Esta questão estratégica intenta a ruptura de paradigmas por meio de mudanças no entendimento e posicionamento cultural da sociedade, ou seja, conscientizar sua importância com auxílio de ações e atitudes que reposicionem os aspectos negativos identificados pelos indicadores em direção à sustentabilidade.

Com a difusão em massa desses conceitos, eles passaram a associar-se a todos os mercados em desenvolvimento, o que não seria diferente com a construção civil. Uma nova área surgiu e passou a evoluir rapidamente dentro dessa indústria da construção, sendo denominada construção “verde”, ou sustentável. Essa área se dá através da necessidade latente desenvolvida no setor de tornar-se cada vez mais ambientalmente responsável, mitigando os impactos negativos e assim podendo contribuir melhor para o bem-estar social (KIBERT, 1994).

Em 1994 foi realizada a Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável (*First World Conference for Sustainable Constance*, em Tampa, na Florida) onde foram amplamente discutidos os possíveis caminhos futuros para a evolução da construção civil em um contexto mais sustentável. Esse novo modelo seria baseado em sua essência na aplicação dos conceitos de sustentabilidade aos processos produtivos, tendo como pedra fundamental o uso eficiente dos recursos. (PINHEIRO, 2003).

Kilbert (1994) enumera seis princípios para uma construção mais sustentável, onde aparecem ideais ainda não totalmente alcançados nos dias de hoje, tais como minimizar o consumo de recursos naturais, reutilizando-os ao máximo, priorizando sempre recursos renováveis ou recicláveis para assim se manter assíduo na busca

da construção e posterior preservação de um meio ambiente não tóxico e de qualidade.

O maior desafio na implementação desses princípios são as restritas e limitadas alternativas a materiais sustentáveis, que não estão facilmente disponíveis a quem os procura como alternativa aos tradicionais, assim como a ausência de técnicas e avanços tecnológicos que possam servir de modelo a ser seguido por projetos posteriores. Essa indisponibilidade de materiais e técnicas padronizadas para a aplicação direta tem limitado constantemente o avanço do desenvolvimento sustentável na construção civil (WONG et al., 2016).

2.2 Eficiência Energética

Uma das principais razões que motivaram o surgimento dos debates acerca do conceito de eficiência energética se origina na grande crise do petróleo da década de 1970. Essa expressiva crise trouxe uma experiência traumática para o mercado de geração de energia, levando-o a questionar a longevidade e a viabilidade dos combustíveis fósseis tradicionais e a buscar e desenvolver novas fontes alternativas de energia, que pudessem então ser mais eficientes e mais sustentáveis (KIBERT, 1994).

Com a busca de redução de emissões de dióxido de carbono e outros poluentes pelos países desenvolvidos, a redução da poluição proveniente da queima de combustíveis fósseis se torna essencial. Não obstante, a eficiência energética também ganha papel de destaque nesse cenário, no qual as antigas políticas energéticas já implementadas devem ser revistas e atualizadas, num contexto onde o foco principal deixa de ser a produção e venda desenfreada de energia, com a redução de consumo através do gerenciamento e controle da demanda energética (IUCN, UNEP e WWF, 1991).

Segundo o dicionário online Dicio, eficiência é a “capacidade de realizar tarefas de modo eficaz e com o mínimo de desperdício, produtividade.” (DICIO, 2020). Expandindo esse conceito de eficiência para uma visão voltada a energia, podemos concluir que edificações eficientes energeticamente são aquelas que proveem o máximo de conforto ao seu usuário com o mínimo de consumo, que não desperdiça recursos, e que consegue atingir todas as expectativas sobre si impostas com uma taxa de utilização energética expressivamente inferior se comparada a construções

tradicionais, com isso tendo uma produtividade maior, podendo então ser denominada “mais eficiente”.

Lamberts et al. (1997), define o conceito de eficiência energética relacionado a edificações como:

...um atributo inerente a edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

Uma maior eficiência energética é um caminho estratégico para a redução do consumo e dos gastos com energia. O pensamento se inicia pequeno, com cada um implementando as estratégias a seu alcance para aumentar a eficiência seja em casa ou em um escritório, para quando for analisado como um todo, a nível global, ter-se um potencial de milhões de pessoas a contribuir com o processo. Pode ser observado que em diversos países, por volta de 50% da demanda energética é destinada exclusivamente para ações de conforto térmico, seja aquecimento ou condicionamento de ar, por meio de sistemas extremamente ineficientes e mal projetados (IUCN, UNEP e WWF, 1991). Cita-se como exemplo as falhas nas vedações dos ambientes climatizados, equipamentos com dimensionamento inadequado, ausência de mecanismos de controle de uso que garantam a utilização dos sistemas somente quando necessário, entre outras. O aumento desta eficiência energética por si só já é capaz de trazer resultados bastante expressivos ao cenário de sustentabilidade global, estimando-se uma redução de 1% a 2% ao ano no índice de emissão de gases dióxido de carbono para o país que colocar em prática esse aumento de eficiência (IUCN, UNEP e WWF, 1991).

É bastante comum encontrar, no meio da construção civil, discursos abordando a necessidade de diminuir o consumo, alterar processos e cortar o desperdício, o que torna intuitiva a ideia de que processos devem ser revistos para utilizar menos energia. Todavia, existem outros caminhos não tão intuitivos para atingir a eficiência energética além de reduzir o consumo nos processos construtivos. Um exemplo disso é a concepção arquitetônica, que pode ser realizada levando em consideração seu posicionamento em relação à incidência do sol durante os diversos horários do dia, os sentidos do fluxo da corrente de vento visando uma maior ventilação natural no ambiente, bem como inúmeros outros componentes arquitetônicos que podem influenciar diretamente no conforto térmico da edificação. Também há a avaliação da

seleção de materiais, buscando elementos com menor consumo de energia embutido em seus processos de fabricação, como materiais que possuam características térmicas que contribuam com o isolamento térmico, assim como soluções de envelope, tais como a instalação de brises, paredes duplas, entre outros (LAMBERTS et al., 1997).

Marques (2008) reforça a importância da consideração das variáveis de conforto térmico desde a concepção do projeto, afirmando que é possível construir habitações mais eficientes em relação ao seu desempenho térmico, atingindo os mesmos padrões que outras construções de referência no setor, construídas por vias tradicionais e que compartilhem a mesma finalidade, sem dispendir ainda mais recursos do que os que já seriam utilizados usualmente na construção. Marques (2008) também ressalta que através desse processo, baseando a tomada de decisão na seleção de materiais adequados, é possível reduzir significativamente o custo de energia com sistemas de condicionamento térmico, trazendo uma melhor relação custo/benefício energético que poderá ser usufruído durante toda a vida útil da edificação.

Em geral, fontes de energia estão diretamente ligadas a impactos ambientais, independentemente do tipo de fonte. A principal fonte de energia para geração elétrica na matriz brasileira atualmente é Geração hidrelétrica, que apesar de ser considerada uma fonte de energia “limpa e renovável” é precedida pela construção de represas e barragens que por si só já trazem impactos, como deslocamento da população local, riscos a diversidade da fauna e flora por alagamentos de áreas cultiváveis e destruição de habitats, possíveis inundações, entre outros; não tendo sido esses impactos devidamente avaliados até o momento. O uso de biomassa exige um processo agrícola todo voltado para esta finalidade, demandando conhecimentos e habilidades específicas de cultivo, podendo impactar em problemas no solo devido a monocultura. Energias eólica e solar exigem equipamentos adequados que podem vir a causar alterações no meio ambiente e em habitats locais. Quanto a energia nuclear, apesar de também ser entendida como uma fonte “limpa” por sua característica de não emitir gases contribuintes ao efeito estufa, gera diversos questionamentos acerca do descarte correto deste tipo de resíduo radioativo de maneira eficiente e segura, o que implicou em certa

resistência por parte da sociedade no que diz respeito a essa alternativa. (PEREIRA et al., 2006; IUCN, UNEP e WWF, 1991).

As Figuras 5 e 6 ilustram a matriz elétrica brasileira de 2006, assim como a atualizada em 2017 e podemos traçar alguns comparativos sobre sua evolução.

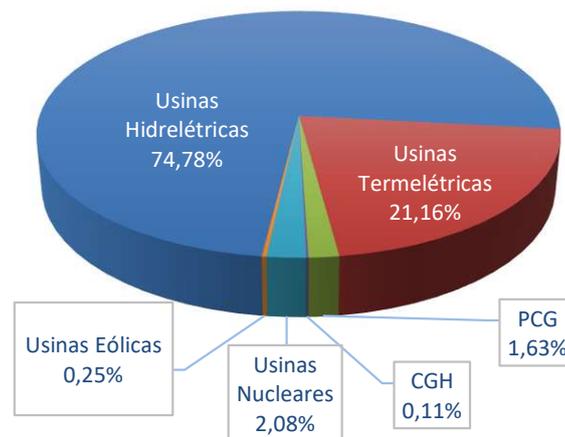


Figura 5: Matriz Elétrica Instalada no Brasil em 2006
Fonte: Adaptado de EPE (2018).

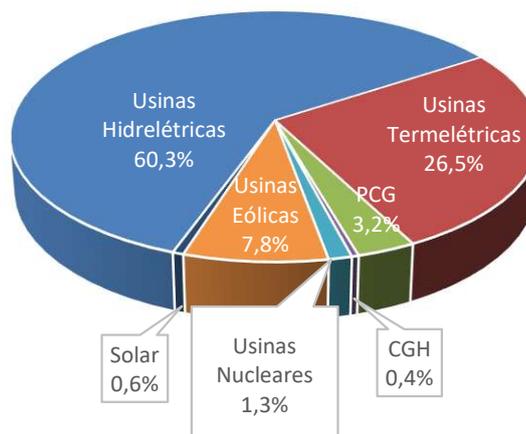


Figura 6: Matriz Elétrica Instalada no Brasil em 2017
Fonte: Adaptado de EPE (2018).

Observando os gráficos acima, é possível constatar que apesar da matriz brasileira continuar sendo majoritariamente composta por hidrelétricas, houve uma redução percentual considerável nesse setor, seguido também de um aumento percentual considerável no segundo colocado no ranking, o setor termelétrico. Com a busca constante por energias limpas, eficientes e renováveis, observa-se também um aumento muito significativo nas gerações eólica e solar, as quais finalmente começaram a figurar na matriz.

Entretanto, vale a pena ressaltar que apesar da mudança visível na matriz energética brasileira, essa variação percentual da capacidade hidrelétrica não representa uma redução da mesma, mas sim um crescimento percentual significativamente menor que dos outros setores ao longo dos anos, que acabou reduzindo sua supremacia na matriz. Podemos observar o crescimento do potencial instalado no país na Figura 7.

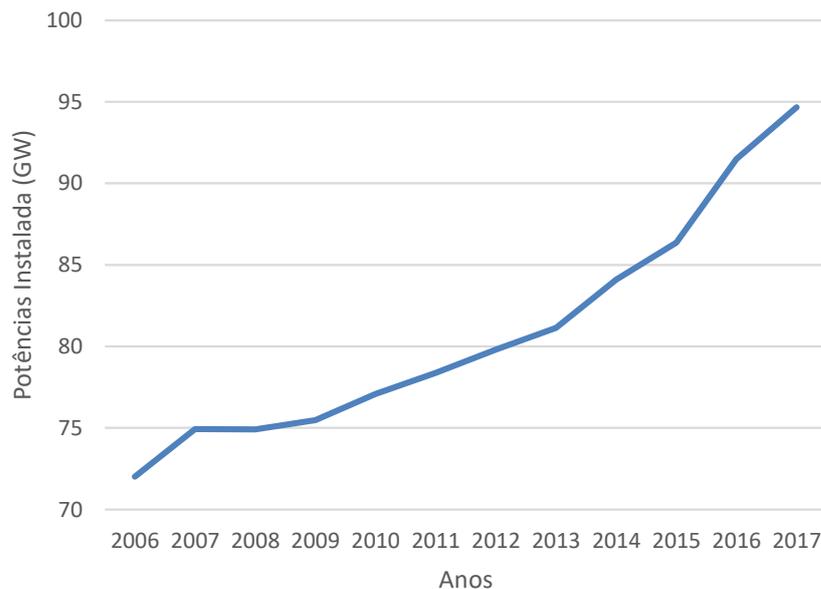


Figura 7: Evolução da Capacidade de geração hidrelétrica instalada no Brasil.
Fonte: Adaptado de EPE (2018).

É curioso observar que, apesar de ilógico, esse aumento de capacidade instalada nem sempre representa aumento de geração de energia, e em alguns períodos da última década, realmente não representa. Por se tratar de um modelo de geração totalmente dependente dos recursos hídricos, tempos de seca afetam diretamente sua conversão de capacidade em geração. Pode-se visualizar na Figura

8 a oscilação da geração através de fontes hidráulicas que, mesmo com o aumento constante da capacidade hidrelétrica instalada, teve períodos de grandes quedas.

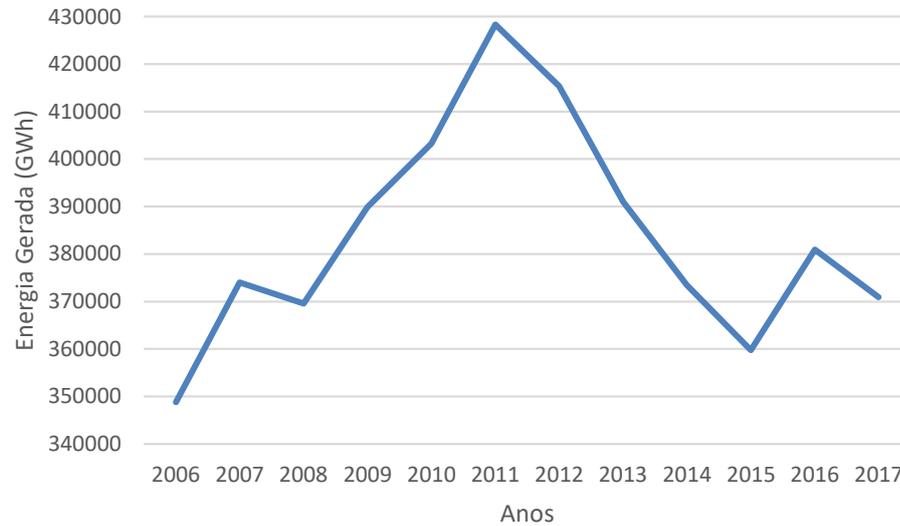


Figura 8: Oscilação da geração de energia através de fontes hidráulica no Brasil na última década.
Fonte: Adaptado de EPE (2018).

A geração hidrelétrica é a forma de geração mais barata da atualidade, sendo por isso normalmente priorizada em detrimento das demais. Contudo, quando não é possível utilizá-la devido ao baixo nível dos corpos hídricos, a segunda opção de prioridade da cadeia são as usinas termelétricas. Com o aumento constante na demanda de consumo e com crises hídricas constantes, era de se esperar que o investimento na geração termelétrica aumentasse em grandes proporções, conforme vemos a seguir na figura 9:

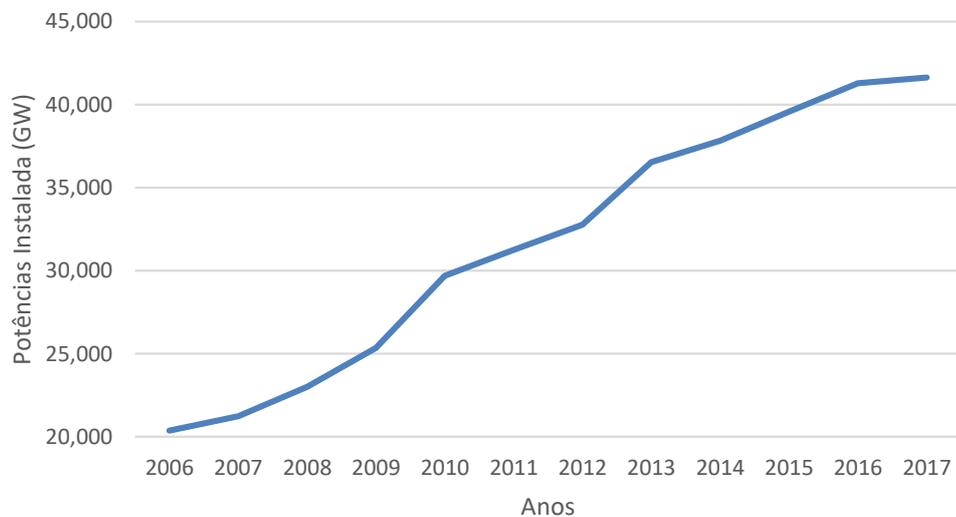


Figura 9: Evolução da capacidade de geração termelétrica instalada no Brasil.
Fonte: Adaptado de EPE (2018).

Assim como no caso das hidrelétricas, a geração de energia termelétrica também oscila apesar do alto investimento em capacidade instalada realizado, conforme Figura 9. Todavia, pode-se reparar que uma vez que existem diversos tipos de termelétricas, operando com tipos diferentes de combustíveis, é possível ocorrer a redução da geração através de algum tipo específico de combustível, caso dos derivados de petróleo. Enquanto o uso de outros tipos de combustível cresce, dentre esse grupo destaca-se a biomassa, que com os estudos recentes na área sobre os impactos menores quando comparados aos derivados de petróleo, vem ganhando terreno nesse meio. Esse crescimento das usinas termelétricas à biomassa, que apesar de lento é constante, reforça a tendência mundial de geração renovável de energia. Pode-se observar na Figura 10 a geração de energia termelétrica nos últimos anos considerando cada tipo de combustível.

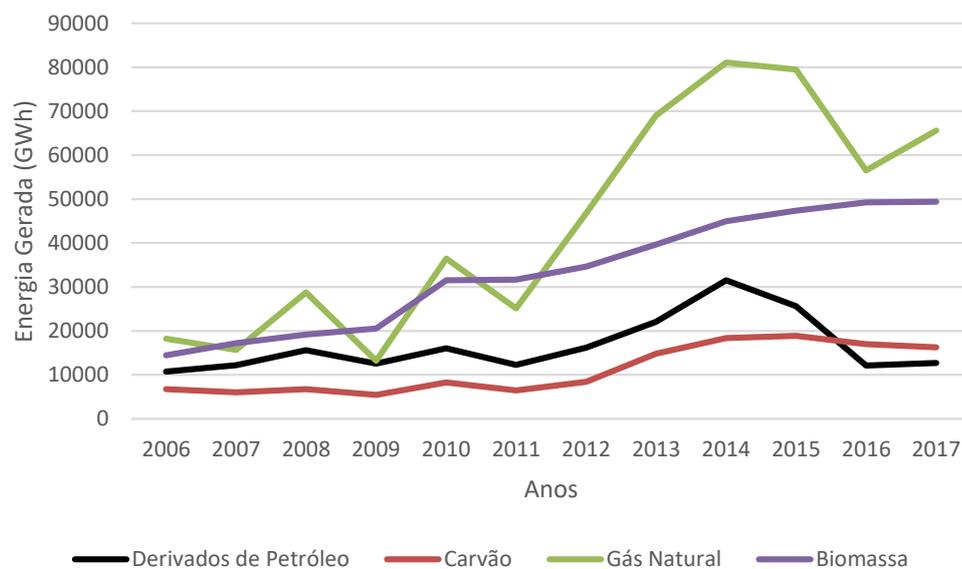


Figura 10: Evolução da geração de energia termelétrica por cada tipo de combustível.
Fonte: Adaptado de EPE (2018).

A geração de energia eólica é a fonte de energia renovável que tem mais recebido investimento nas últimas décadas, muito por causa do Programa de Incentivo a fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA (PEREIRA et al., 2006; AMARANTE et al., 2001).

Esse alto investimento na geração eólica citado pelos autores veio a ser corroborado com os dados do BEN (Balanço Energético Nacional) de 2018, onde pode-se observar a evolução da capacidade instalada de geração eólica através dos últimos anos na Figura 11.

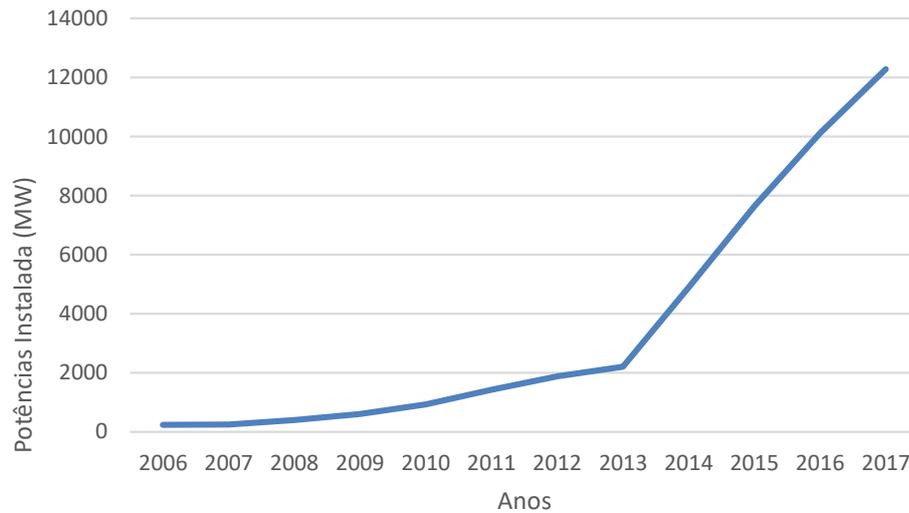


Figura 11: Evolução da capacidade de geração eólica instalada no Brasil.
Fonte: Adaptado de EPE (2018).

Entretanto, é curioso ressaltar que os autores Pereira et al. (2006) e Amarante et al. (2001) acreditavam que a geração eólica, por demandar alto investimento inicial e necessitar de equipamentos robustos juntamente com grandes áreas disponíveis para instalação, não seria uma alternativa viável para o Brasil pelo país não dispor de condições consideradas ideais para a aplicação dessa metodologia, mesmo considerando regiões com maior disponibilidade espacial como a amazônica. Os dados presentes no BEN (2018) vão contra essas afirmações, pois todo esse investimento realizado nos últimos anos nessa metodologia vem sendo convertido em resultados que seguem crescendo de maneira exponencial, conforme pode-se constatar na Figura 12:

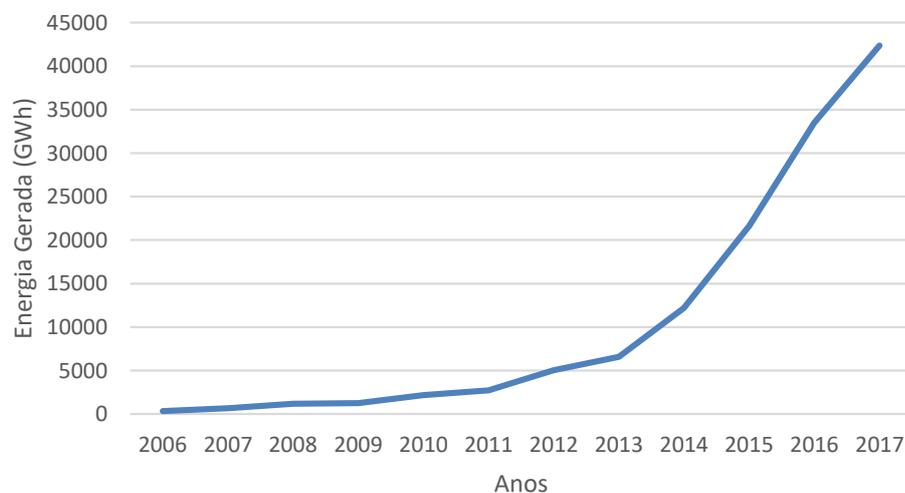


Figura 12: Evolução da geração de energia eólica no Brasil ao longo dos anos.
Fonte: Adaptado de EPE (2018).

Desde os primórdios da humanidade a energia solar vem sendo utilizada, seja para conforto térmico ou para preparo de alimentos, seu uso sempre esteve presente. Os inúmeros avanços tecnológicos nesse tipo de energia têm proporcionado a sua utilização de diversas formas, levando em conta a temperatura e o tipo de aplicação. Nas faixas mais baixas de temperatura, por exemplo, pode ser utilizada para processos de secagem, controle térmico de ambientes e aquecimento de água. Já a temperaturas mais altas uma nova gama de processos se abre, incluindo processos industriais tais como fornos, refrigeração e até mesmo geração heliotérmica, que consiste em termelétricas movidas a energia solar, que abrem novas possibilidades de diversificação da matriz energética brasileira no futuro (PEREIRA et al., 2014).

Um dos usos mais difundidos da energia solar no Brasil se dá no aquecimento de água. Em substituição aos sistemas elétricos convencionais, os chuveiros elétricos, esse sistema vem ganhando cada vez mais usuários no cenário nacional contando até com incentivos governamentais para aplicação em larga escala, através de isenção de impostos, fornecimento gratuito de equipamentos e utilização em edificações de interesse social (PEREIRA et al., 2014).

Contudo, esse tipo de sistema sofre certa resistência devido ao seu investimento inicial ser alto se comparado a alternativa mais comum, o chuveiro elétrico, o que acaba por retardar sua aplicação em larga escala. Essa resistência vem diminuindo nos últimos anos devido ao alto consumo por parte dos chuveiros elétricos convencionais aliado ao alto custo da energia elétrica e os períodos de estiagem que podem impactar nesse custo, tornando-o ainda maior devido a sua dependência dos recursos hídricos. Considerando esse aspecto econômico, além da possibilidade de aumento da eficiência energética, é de se esperar maior disseminação desse tipo de tecnologia no futuro próximo (PEREIRA et al., 2014).

A obra de Pereira et al. (2006) reforça o grande potencial solar-energético disponível no país, assim como os benefícios sociais desse aproveitamento, principalmente pela possibilidade de levar energia elétrica a áreas muito isoladas, onde o custo de transmissão e distribuição tornaria o fornecimento convencional inviável, acelerando o desenvolvimento econômico e social dessas regiões. Seja através de unidades autônomas exclusivas para edificações ou unidades consumidoras de pequeno porte, como também para grandes centros geradores

centralizados, capazes de prover para diversos clientes, movimentando a economia através da geração de emprego.

Nos últimos anos, o avanço tecnológico vem resultando em um barateamento dos dispositivos, que atrelado a conscientização da necessidade de tornar o mundo mais sustentável vem gerando investimentos significativos na geração fotovoltaica. Nos últimos anos tivemos aumentos expressivos na capacidade solar instalada, vindo a atingir sua máxima em 2017, com um crescimento de aproximadamente 3900% em relação ao ano anterior, como podemos observar na Figura 13.

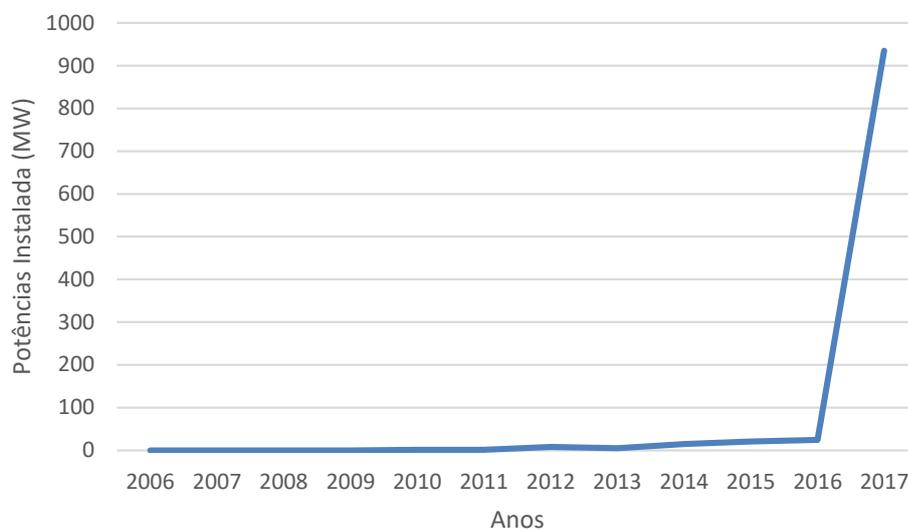


Figura 13: Capacidade de Geração por Fontes Solares ao longo dos anos
Fonte: Adaptado de EPE (2018).

Apesar desse aumento expressivo nos números de geração de energia através de fontes solares nos dados recentes, com uma visão macro, ao olhar todo o cenário de geração de energia nacional, essa geração ainda é ínfima. Mesmo com o crescimento abrupto no ano de 2017, observamos na Figura 6 que o percentual de capacidade instalada de energia por fontes solares ainda gira em torno de 0,6%. Examinando a energia gerada durante esse ano, os dados são ainda menos expressivos, não sendo nominalmente mencionados no anuário estatístico de energia elétrica (EPE, 2018), sendo ele considerado na categoria “outros” em conjunto com outras fontes de energia renováveis ou não-renováveis, representando a menor parcela da energia gerada no país, conforme pode-se observar Figura 14:

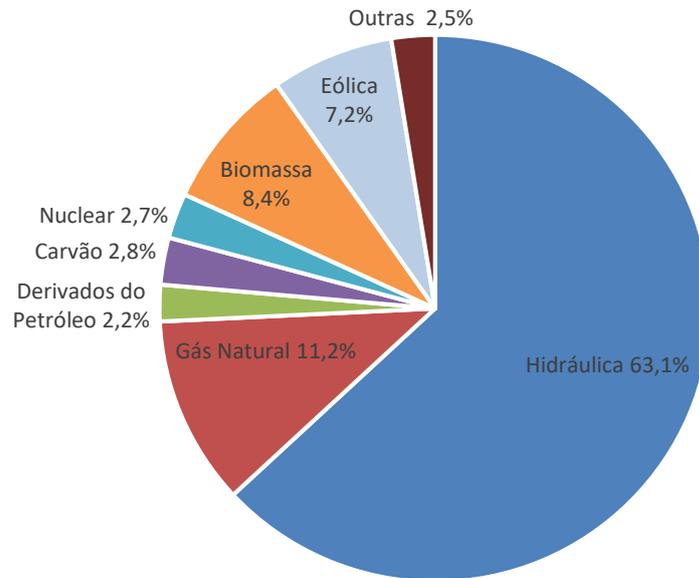


Figura 14: Distribuição da geração elétrica por fontes de energia no Brasil em 2017
 Fonte: Adaptado de EPE (2018).

Devido a sua notória importância, a pesquisa e o desenvolvimento do uso eficiente de recursos renováveis não pode parar, devendo na verdade ser incentivada, contando com apoio dos Estados, em uma parceria para o compartilhamento de resultados através de agências internacionais visando o desenvolvimento conjunto dessas técnicas para sua posterior disseminação global. (IUCN, UNEP e WWF, 1991).

Arantes (2013) discorre em sua tese sobre a importância da arquitetura no conforto térmico das edificações. Desde a seleção de materiais, elementos externos como brises e vegetação, inclinação dos telhados para captação de água, até orientação do telhado para possibilitar e otimizar a geração de energia fotovoltaica. A integração entre arquitetura e eficiência energética é fundamental para o futuro das construções no mundo.

2.2.1 Geração de Energia Fotovoltaica

A geração de energia fotovoltaica pode se dar de distintas maneiras, sendo a geração centralizada uma delas. Consiste em sua maioria em usinas de grande porte, localizadas principalmente no Nordeste e Centro Oeste, mas também no Sudeste brasileiro. São tipicamente compostas por grandes estruturas metálicas

fixas inclinadas ou com seguimento da trajetória aparente do sol, instaladas no próprio solo (PEREIRA et al., 2014).

A ampla utilização de sistemas fotovoltaicos para a conversão de raios solares incidentes em energia elétrica é uma das maneiras mais eficientes e inovadoras para geração de energia limpa. Além de eficiente, pode-se tornar também esteticamente agradável, quando a implementação do sistema é considerada já na concepção do projeto arquitetônico, sendo assim ainda passível de ser embutida no envelope da edificação, contrariando o senso comum que critica o prejuízo estético da simples instalação desses dispositivos nas coberturas das construções. É esperado que esse sistema tenha seu uso cada vez mais difundido, visto que sua maior barreira de popularização é o alto preço dos sistemas fotovoltaicos, o que deve diminuir significativamente em caso de ganho de escala. (URBANETZ et al, 2011).

Esse tipo de sistema vem ganhando notoriedade graças ao conceito de geração distribuída, que consiste na instalação de pequenas centrais geradoras próximas aos centros de consumo de energia elétrica, sendo preferencialmente esses geradores fontes renováveis de energia (ANEEL, 2016).

O principal marco que permitiu a expansão dessa modalidade de geração foi a Resolução Normativa – REN nº 482/2012 que criou o sistema de compensação de energia e estabeleceu os critérios para o acesso de micro e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. A partir do acompanhamento realizado pela ANEEL na implementação dessa resolução, foi possível identificar diversas oportunidades de melhoria, o que culminou na publicação da REN nº 687/2015, que tratou dentre outras coisas de revisar a normativa anterior (ANEEL, 2016).

A geração fotovoltaica distribuída é usualmente urbana, integrada a coberturas de edificações e telhados, possuindo um caráter pulverizado no território nacional. Essa forma de geração se populariza a medida que a tarifa da energia convencional da concessionária local aumenta. A demanda por energia elétrica vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, devido também a popularização dos aparelhos de ar condicionado, que são grandes consumidores de energia. A maior utilização desses aparelhos em conjunto com a queda acentuada no preço dos equipamentos geradores solares fotovoltaicos nos últimos anos, acarretou num crescimento

exponencial na adoção deste sistema a partir de 2016, conforme pode-se observar nas figuras 13 e 15 (PEREIRA et al., 2014).

Podem-se destacar diversos benefícios dessa geração distribuída, tais como diversificação da matriz energética, baixo impacto ambiental, economia com as despesas relacionada as infraestruturas e custos de operação das linhas de Transmissão e Distribuição (T&D), além de economizar o custo das perdas de energia que acontecem, devido as grandes distâncias a serem vencidas pelas linhas de transmissão que ligam a produção ao usuário, e melhoria no nível de tensão da rede nos períodos de maiores cargas (ANEEL, 2016; RÜTHER E ZILLES, 2011).

Os sistemas de geração distribuída estão sendo difundidos, resultando no crescimento exponencial da quantidade de sistemas conectados à rede, conforme é observado na Figura 15.

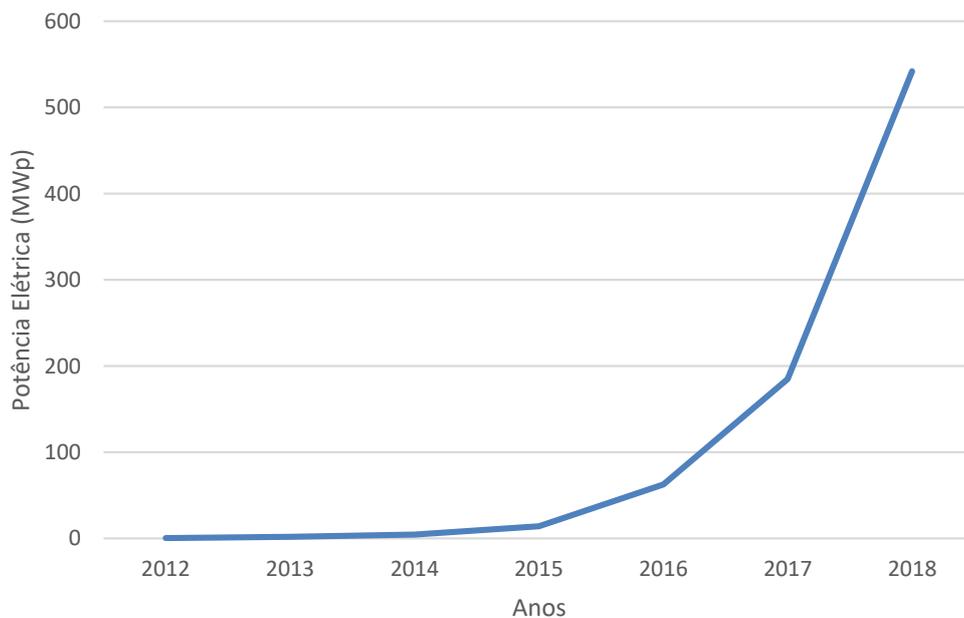


Figura 15: Potência fotovoltaica de geração distribuída conectada à rede.
Fonte: Adaptado de Greener (2019).

Os sistemas fotovoltaicos de geração de energia podem ser classificados em sistemas autônomos ou conectados à rede elétrica. O sistema autônomo é o mais recomendado para edificações isoladas, distantes da rede de distribuição geral. Eles possuem dispositivo de estocagem de carga, normalmente baterias recarregáveis, para armazenar o excedente gerado e utilizá-lo para alimentação em momentos onde não se é possível gerar energia (noite ou dias nublados). O principal aspecto negativo desse tipo de sistema é que, utilizando a faixa nominal de corrente de

trabalho dos dispositivos atuais no mercado, o uso constante gera um aumento na resistência interna da bateria, que é inversamente proporcional a capacidade de geração do sistema, o que resulta na diminuição de sua vida útil. Já nos sistemas conectados à rede, esse aspecto negativo não está presente, gerando benefícios para o usuário na ótica da geração distribuída. Por ser conectado à rede, esse sistema dispensa dispositivos de armazenamento, injetando todo o residual produzido direto na rede da concessionária, que poderá ser revendido para outros clientes. Do ponto de vista do usuário, ele utilizará a energia proveniente da rede nos momentos em que não houver produção de seu sistema, mas também contará com esse recurso como *backup* de segurança em caso de necessidade, o que não ocorre na modalidade mencionada anteriormente (DÁVI, 2013). Ao mesmo tempo, vale a pena ressaltar o risco de não extinguir a dependência da concessionária por parte do usuário, principalmente se considerado o fato do fornecimento oferecido por elas ser precário em algumas regiões.

Dávi (2013) afirma que um sistema solar fotovoltaico do tipo conectado à rede é composto, em sua essência, pelos seguintes dispositivos:

- Módulos Solares fotovoltaicos, sejam eles conectados em série ou paralelo;
- Condutores Elétricos para corrente contínua;
- Caixa de Proteção CC (string box);
- Inversores fotovoltaicos;
- Condutores elétricos para corrente alternada;
- Quadro de Distribuição (QD) com componentes de proteção elétrica (disjuntores, DPS, relés, contactoras etc.);
- Medidores de Energia Elétrica.

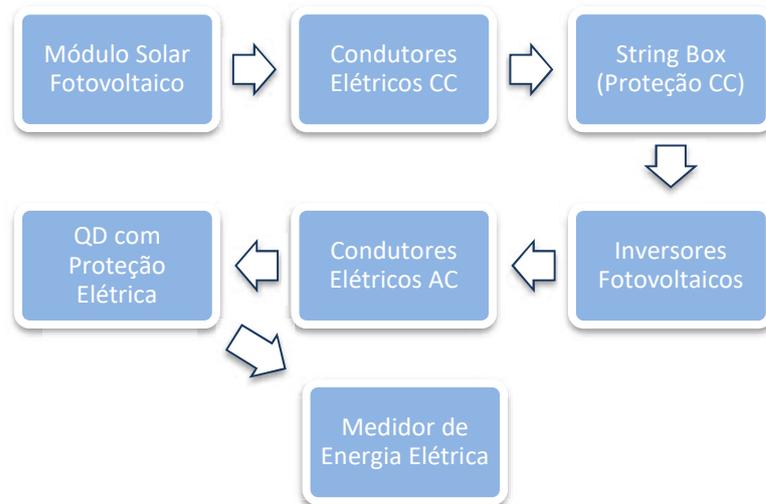


Figura 16: Esquema da composição de um sistema fotovoltaico.
Fonte: Adaptado de Dávi (2013) e Ecoresidência (2019).

2.2.2 Uso Racional da água e aproveitamento de águas pluviais

Além de um recurso natural essencial para vida, seja para consumo de seres humanos e animais, a água também é fundamental em operações industriais e agrícolas (RANGEL, 2016).

O consumo racional da água vem sendo discutido nos últimos tempos, sendo um dos pilares fundamentais do desenvolvimento sustentável, principalmente por sua notória relação de interdependência direta com o consumo de energia. Pelo alto grau de energia incorporada a água, as estratégias de uso consciente, racionamento e reutilização devem ser analisadas cuidadosamente quando se busca atingir uma maior eficiência energética (VIEIRA, 2012).

Mousavi et al. (2016) citam em seu estudo o recente e significativo aumento no nível de preocupação das indústrias em geral com relação à eficiência energética e ao uso da água, principalmente movidos pelo aumento constante do custo da energia e da também constante diminuição da disponibilidade de água potável, sem contar ainda com a crescente conscientização por parte do poder público e também da população em geral no que diz respeito às questões de preservação ambiental.

Um dos fatores agravantes no que tange a disponibilidade hídrica no mundo é o desperdício de água potável e tratada. Já não bastasse a escassez notória e evidente de recursos hídricos, seja em qualidade quanto em quantidade, os níveis atuais de desperdício contribuem significativamente na piora dessa estatística. Esse fato pode se dar através de vazamentos visíveis, ou seja, aqueles que podem ser

detectados a olho nu, como também os invisíveis, que podem ocorrer em tubulações embutidas ou enterradas. Esses vazamentos se dão tanto em residências – através de pias, torneiras, chuveiros, descargas, entre outros – como também por vazamentos em redes de distribuição. Não obstante, esse desperdício também advém em parte do mau uso de aparelhos e recursos hidráulicos pela população (RANGEL, 2016).

A Agência Nacional de Águas (ANA) publicou em 2010 o ATLAS Brasil de Abastecimento Urbano de Água, onde são feitas projeções de consumo e demandas para os 5 e 15 anos subsequentes. A publicação conclui que, na análise oferta/demanda, mais da metade dos mananciais e sistemas produtores de água necessitariam de investimento para atender as demandas já em 2015, como podemos observar na figura abaixo. Era estimado que até 2015, ao menos 55% dos municípios pudessem ter um abastecimento deficitário (ANA, 2010).

Tabela 1: Projeção Oferta/Demanda de água nas regiões brasileiras para 2015

RESULTADOS DA ETAPA DE AVALIAÇÃO OFERTA/DEMANDA - 2015							
Região Geográfica	Sedes Municipais	Avaliação dos Mananciais e Sistemas Produtores					
		Satisfatórios		Requer Ampliação de Sistema ⁽¹⁾		Requer Novo Manancial ⁽²⁾	
		Número	%	Número	%	Número	%
Norte	449	156	35	266	59	27	6
Nordeste	1.794	462	26	1.068	60	248	14
Centro-Oeste	466	260	56	168	36	38	8
Sudeste	1.668	932	56	647	39	83	5
Sul	1.188	692	59	407	35	75	6
TOTAL BRASIL	5.565⁽³⁾	2.502	45	2.556	46	471	9

(1) A ampliação de sistemas existentes pressupõe manter os mananciais atualmente utilizados.

(2) Investimentos em novos mananciais implicam necessariamente investimentos em novos sistemas de produção.

(3) Sedes municipais sem informação: 36.

Fonte: ANA (2010)

Em trabalho desenvolvido por Vieira (2012), são apontadas três principais medidas possíveis de serem tomadas para aumentar o uso racional da água, sendo elas: I) Uso de bacias sanitárias de acionamento duplo e torneiras inteligentes (economizadoras de água); II) reaproveitamento de águas cinzas (efluentes de chuveiros e lavadora de roupas); e III) aproveitamento de água pluvial captada das coberturas da edificação. As alternativas são interessantes do ponto de vista do racionamento pois impactam diretamente na redução do consumo e na posterior

redução do efluente sanitário, concluído por Vieira (2012) como o maior consumidor de energia agregada.

Dentre as opções possíveis, a alternativa mais popularizada e atrativa é a captação e aproveitamento de águas pluviais, que consiste basicamente na captação de águas proveniente de chuvas através de estruturas de coleta, tais como telhados, e o seu posterior armazenamento em reservatórios previamente dimensionados, considerando que essa água pode ser utilizada em seu estado bruto para fins não potáveis como bacias sanitárias, irrigação de jardins, entre outros.

Além do benefício óbvio da redução na demanda de água a ser consumida (reduzindo o custo gasto com fornecimento de água), também existem diversos benefícios a serem considerados nessa prática, tais como:

- Mitigação do risco de escassez;
- Em sua concepção, considera a estrutura já existente na edificação, reduzindo assim impactos ambientais;
- Atua em complemento ao sistema de drenagem e abastecimento existente, diminuindo o volume a ser destinado as redes coletoras, podendo vir a ajudar na prevenção de enchentes e/ ou alagamentos e servindo como uma reserva extra de água em casos de emergências ou problemas no abastecimento.

2.2.2.1 Composição dos sistemas de aproveitamento de água das chuvas

Segundo Tomaz (2010) e Rangel (2016), os componentes que integram um sistema de reaproveitamento da água são:

2.2.2.1.1 Área de Captação

Costumeiramente são compostos pelas coberturas das edificações, podendo ser lajes impermeáveis ou telhados (cerâmicos, galvanizados, fibrocimento, entre outros), geralmente formando um plano inclinado com o plano da superfície da edificação, visando facilitar o escoamento.



Figura 17: Área de captação em um telhado cerâmico.
Fonte: Acervo do autor.

2.2.2.1.2 Calhas e condutores

Geralmente feitos de PVC ou metálicos, são elementos construtivos instalados na edificação para direcionar o fluxo de escoamento até o reservatório. As calhas são elementos instalados ao longo dos beirais dos telhados ou embutidos em platibandas, que recebem a água proveniente da área de captação e direciona aos condutores verticais e/ou horizontais, que são costumeiramente tubos, que fazem a ligação com o reservatório.

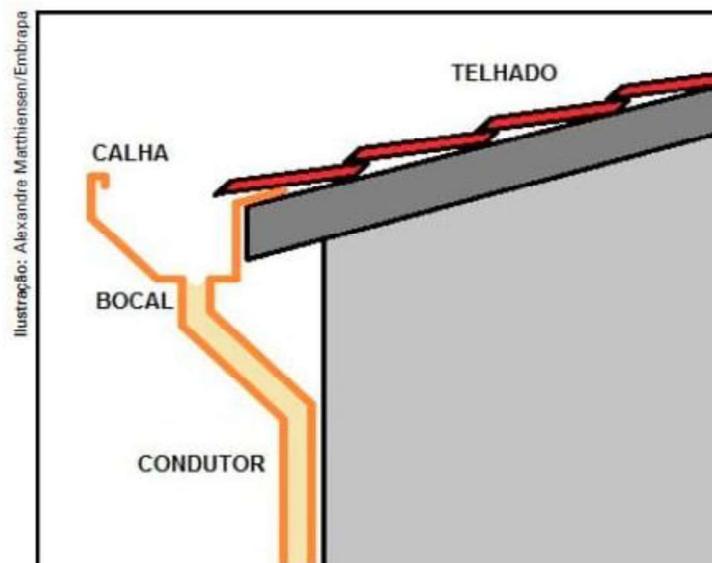


Figura 18: Ilustração de Calhas e Condutores no sistema.
Fonte: Oliveira et al. (2013)

2.2.2.1.3 Autolimpeza

O sistema de autolimpeza se faz necessário como primeira barreira contra contaminações na água a ser reaproveitada, impedindo que resíduos e impurezas maiores cheguem até o reservatório.

Tomaz (2014) nos traz um esquemático de um exemplo de autolimpeza em um sistema de reaproveitamento demonstrado na Figura 19. Podemos observar que o mesmo é constituído por uma grade para reter as impurezas de maiores dimensões, de um reservatório onde se pode decantar as impurezas mais densas, e também por uma válvula de limpeza, que costuma ser aberta ao início das chuvas por um período determinado de tempo – segundo o autor, 10 minutos, sendo esse valor determinado empiricamente – para o descarte da chamada “primeira água” das chuvas.

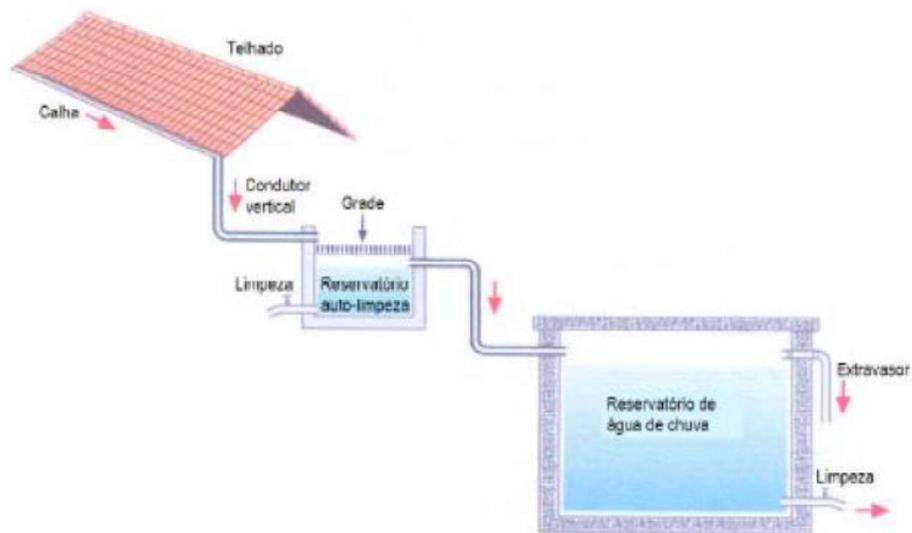


Figura 19: Sistema de autolimpeza dentro do reaproveitamento.
Fonte: Tomaz (2014).

2.2.2.1.4 Peneiras e Filtros

São elementos utilizados de acordo com a necessidade, com o objetivo de reter impurezas em suspensão na água e evitar que elas cheguem ao reservatório.

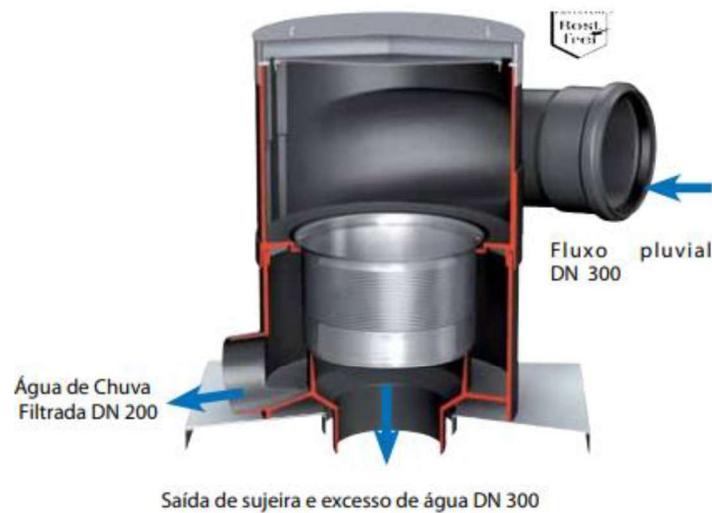


Figura 20: Exemplo de filtro para águas pluviais
Fonte: AQUASTOCK (2013)

2.2.2.1.5 Reservatório

Local onde a água captada é destinada e posteriormente armazenada, podendo ser feito de fibra ou concreto (mais comuns), como também de alvenaria ou plástico. Pode também ser elevado – instalado em cima da edificação – enterrado ou apoiado.



Figura 21: Ilustração de um reservatório enterrado.
Fonte: FORTLEV (2014).

2.2.2.1.6 Extravasor (“ladrão”)

Tem o objetivo de expelir a água excedente quando o reservatório atingir seu nível máximo, dando um destino adequado a água e protegendo a estrutura do reservatório e seu entorno. O mesmo deve contar com proteções em sua extremidade e barreira de entrada contra impurezas e pequenos animais.

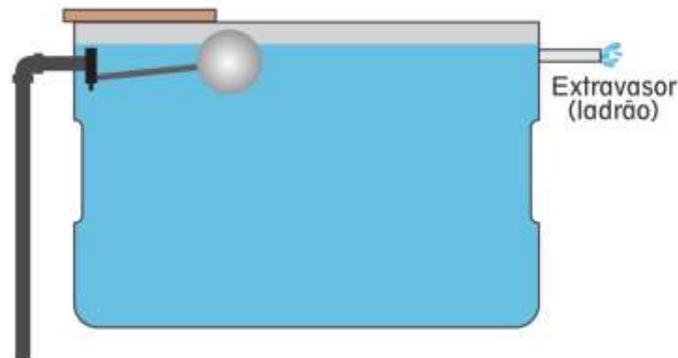


Figura 22: Esquemático de um extravasor em reservatório.
Fonte: SAE (2014).

2.2.2.2 Dimensionamento do Reservatório

Existem diversos modelos de dimensionamento de reservatório para sistemas de aproveitamento de água da chuva, sendo alguns deles citados a seguir. Cada modelo utiliza premissas e dados diferentes, podendo obter assim resultados diferentes, sendo o valor final a ser adotado definido pelo projetista. Tomaz (2014) recomenda que os dados considerados nos cálculos sejam provenientes de séries históricas das precipitações, sejam elas locais ou regionais, considerando um tempo de retorno de ao menos 10 anos.

De acordo com Tomaz (2010), até a data de sua publicação ainda não havia sido encontrado o melhor método para dimensionamento de um reservatório, pois todos os existentes até então ainda continham algum tipo de erro. Ainda segundo o autor, o principal entrave no que diz respeito ao aproveitamento de água das chuvas é exatamente o dimensionamento do reservatório, já que otimizar o seu tamanho é uma tarefa muito complexa, especialmente quando considerado que um reservatório com volume grande demais acarretará em altos custos desnecessários, já um volume muito pequeno pode acarretar em um reservatório seco na maior parte do ano.

A norma brasileira ABNT NBR 15527:2007, intitulada “Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”, traz em seu apêndice alguns métodos de dimensionamento de reservatório como exemplos, os quais serão mencionados a seguir.

Vale a pena ressaltar que os métodos, especialmente os práticos, são eficientes em sua região de origem, podendo qualquer extrapolação deles acarretarem erros ou outros problemas.

2.2.2.2.1 Dimensionamento através do Método de Rippl

Segundo Tomaz (2010), o método de Rippl superestima a necessidade de armazenamento de água, resultando em um reservatório maior do que o realmente necessário para a realidade do empreendimento. Contudo, continua sendo válida a análise do caso através desse modelo pois assim será possível gerar um limite superior de tamanho de reservatório, o qual não deverá ser ultrapassado por outros métodos e deverá também ser maior que o reservatório final adotado.

O método de Rippl é aplicado através das seguintes fórmulas:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (1)$$

$$Q_{(t)} = C * \text{precipitação da chuva}_{(t)} * A_c \quad (2)$$

$$V = \sum S_{(t)} ; \forall S_{(t)} > 0 \quad (3)$$

Sendo que $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial;

A_c é a área de captação.

2.2.2.2.2 Método da Simulação

É obtido através da aplicação da equação da continuidade a um reservatório infinito em um determinado mês, sem levar em consideração a evaporação da água.

Para esse método, é necessário preestabelecer duas hipóteses: que os dados históricos passados utilizados são representativos para as estimativas de condições futuras e que o reservatório estará cheio no início da contagem do tempo “t”.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (4)$$

$$Q_{(t)} = C * \text{precipitação da chuva}_{(t)} * A_c \quad (5)$$

Onde: $0 \leq S_{(t)} \leq V$

Sendo:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t-1;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial;

A_c é a área de captação.

2.2.2.2.3 Método Prático do Professor Azevedo Neto

A ABNT NBR 15527:2007 discorre que, neste método, o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (6)$$

Onde:

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

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

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

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

2.2.2.2.4 Método Prático Alemão

É um método totalmente empírico que visa dimensionar o reservatório considerando apenas sua capacidade como 6% do volume de consumo ou 6% do volume de precipitação aproveitável, ambos anualizados.

$$V_{adotado} = \text{mínimo}(V, D) * 0,06 \quad (7)$$

Sendo:

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

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

$V_{adotado}$ é o valor do volume de água no reservatório, em litros (L).

2.2.2.2.5 Método Prático Inglês

Neste método, o volume de chuvas é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 * P * A \quad (8)$$

Onde:

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

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

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

2.2.2.2.6 Método Prático Australiano

Neste método, o volume de chuvas é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A * C * (P - I) \quad (9)$$

Onde:

Q é o volume mensal produzido pela chuva;

A é a área da coleta;

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,8;

P é a precipitação média mensal;

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

O volume do reservatório é calculado através da técnica de tentativa e erro, até que sejam obtidos os valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (10)$$

Onde:

V é o volume de água no reservatório no fim do mês t ;

$V_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no início do mês t ;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

2.2.3 Eficiência Energética na Iluminação

Desde os primórdios da humanidade, a iluminação artificial se faz necessária, principalmente quando se necessitava de maior visibilidade nos períodos noturnos. Assim como tudo no mundo, a iluminação artificial também vem evoluindo ao longo das eras, saindo das mais eruditas formas de iluminação através de fogo, tais como fogueiras, tochas de madeira, velas, e lampiões a óleo ou a gás até chegar as populares lâmpadas incandescentes, que revolucionaram o sistema de iluminação na sua época.

Os primeiros passos da criação de novas formas de produzir luz só se intensificaram por volta de 1800, com o inglês Humphry Davy, após a invenção da bateria elétrica. Davy, que era químico, conseguiu constatar que era possível fazer um metal emitir luz passando por ele uma corrente elétrica, aquecendo-o até sua incandescência. Esse modelo não se popularizou devido alguns problemas característicos encontrados a época, tais como superaquecimento, baixa vida útil e alto custo de produção (PINELLI, 2016).

Somente após aproximadamente 80 anos, com o trabalho árduo de Thomas Edison e sua equipe se fez capaz o desenvolvimento de um modelo de lâmpada incandescente escalável, composta por um filamento de algodão carbonizado dentro de um bulbo a vácuo, que foi capaz de brilhar por cerca de 45 horas seguidas. O principal avanço da equipe de Edison não foi no desenvolvimento da lâmpada em si, mas de todo seu sistema de alimentação que a tornou comercializável (PINELLI, 2016).

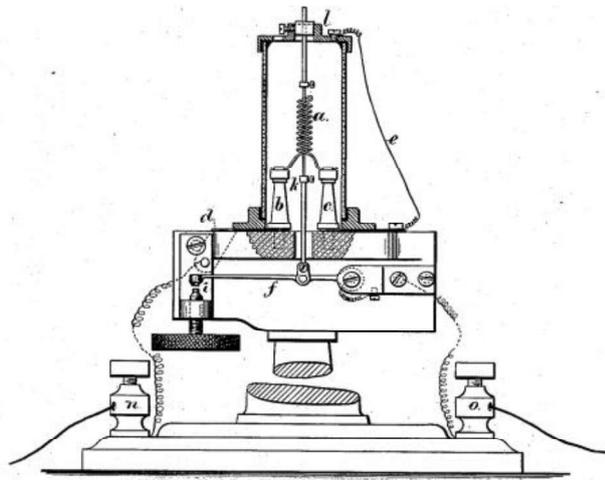


Figura 23: Modelo de lâmpada incandescente patenteado por Thomas Edison.
Fonte: RUTGERS (2016)

As lâmpadas incandescentes se espalharam pelo mundo, dados seus benefícios de não dependerem de um combustível para continuar iluminando, permanecendo acesas enquanto houvesse energia elétrica. Contudo, foi-se percebendo uma grande ineficiência em seu funcionamento, onde a maior parte da energia utilizada era perdida em diversas maneiras, sendo o calor um bom exemplo.

As pesquisas continuaram, chegando depois a novos tipos filamentos assim como preenchimento do bulbo com gases inertes (ao invés do vácuo) para aumentar a durabilidade desses filamentos, assim surgiram as lâmpadas de descarga de vapor, consideradas de alta potência luminosa. Nos anos 1900 o filamento evoluiu para o tungstênio, ao mesmo tempo que, com Peter Cooper Hewitt, nasceram as primeiras lâmpadas de vapor de mercúrio comercializáveis, com a sequência das pesquisas vindo a evoluir para as lâmpadas de mercúrio de alta pressão três décadas depois. Na década de 1960 surgem as lâmpadas de vapor metálico e vapor de sódio, essas sem conter mercúrio, substância considerada altamente tóxica, que

podem ser encontradas em uso ainda atualmente, principalmente nas áreas de iluminação pública (WANDERLEY, 2014).

O interesse em eficiência energética não é algo novo, tendo o seu ápice em discussões na primeira crise energética, nos anos 1970. Contudo, esse interesse cresceu significativamente nos últimos tempos, principalmente o levar-se em conta a crescente preocupação com o aquecimento global e com o aumento constante do preço da energia elétrica (PRAKI, 2011).

Dado isto, visando resolver esse problema, vieram na sequência novos tipos de lâmpadas dos mais diversos tipos de funcionamento, tais como halógenas, fluorescentes e de descarga de gás, tais como vapores de mercúrio ou sódio, chegando recentemente no modelo que mais se populariza nesse século, os modelos de lâmpada LED, sigla do inglês para “diodo emissor de luz”.

A descoberta das lâmpadas fluorescentes por Nikola Tesla, em 1938, trouxe uma nova concorrência nesse mercado. Por serem lâmpadas de descarga, emitem mais energia na forma eletromagnética do que térmica, sendo uma opção mais econômica. Wanderley (2014) retrata o funcionamento desse tipo de lâmpada como o choque de partículas energizadas de mercúrio se chocando com os elétrons da energia para emitir a luz. Para potencializar essa emissão de luz, revestia-se o tubo de vidro com um material a base de fósforo, que reage com a radiação produzida pelas partículas de mercúrio energizadas, gerando assim luz visível.

Foi na década de 1990, com o surgimento das chamadas lâmpadas fluorescentes compactas, que se deu início ao que seria o fim das lâmpadas incandescentes. Esse novo modelo chegava a durar até oito vezes mais consumindo até quatro vezes menos energia.



Figura 24: Exemplos de lâmpadas fluorescentes compactas no mercado.
Fonte: TASCHIBRA (2019)

Existente desde os anos 1960, com Nick Holonyack Jr., o LED evoluiu desde o primeiro com feixe de luz vermelha aos azuis comerciais que possibilitaram o desenvolvimento de painéis e TVs com essa tecnologia. Entretanto, foi somente com Shuji Nakamura e a descoberta da luz branca que os LEDs passaram a ser comercializados focando no setor de iluminação (WANDERLEY, 2014).

Desde que apareceu nesse mercado, por volta de 1993, o LED tem sido protagonista, sendo até então visto como o futuro da iluminação. Ao contrário das lâmpadas convencionais já existentes, as lâmpadas LED trazem diversos benefícios devido sua alta eficiência energética como menor consumo de energia, menor perda através de emissão de calor, menores impactos de cargas térmicas o que também acarreta longa vida útil, reduzindo os custos de manutenção e substituição. Ainda em constante evolução, também possui controle mais preciso das temperaturas de cor e ausência de raios ultravioleta e infravermelhos. O principal ponto negativo talvez ainda seja o alto custo, que pode, porém, ser parcialmente revertido em economia de energia além de uma qualidade de iluminação altamente superior (WANDERLEY, 2014).



Figura 25: Exemplo de modelos de lâmpadas LED comercializadas atualmente
Fonte: Montagem realizada pelo autor com base nas imagens de TASCHIBRA (2019)

Pinelli (2016) cita em um artigo publicado na revista Galileu que de toda a energia consumida pelas lâmpadas incandescentes, cerca de 80% é convertida em energia térmica e apenas 20% se torna iluminação. A autora propõe que essa seja a causa desse tipo de lâmpada estar perdendo mercado para as florescentes e LED,

sendo essas últimas capazes de converter até 40% da energia consumida em iluminação (o dobro de suas antecessoras).

Kim e Hwang (2017) afirmam que diversos estudos recentes comprovam a redução no consumo de energia e emissão de gases CO₂ que a iluminação LED proporciona. Esta vem sendo cada vez mais utilizada não só em ambientes internos, como também externos, devido a sua alta eficiência e performance, além da possibilidade de ser aliada futuramente a sistemas de iluminação inteligente, utilizando recursos como a internet das coisas.

Um conceito importante que auxilia na comparação das lâmpadas LED com as demais é o ciclo de vida. Segundo o Dicionário Cambridge (2019), ciclo de vida é “a duração de tempo que algo dura ou que pode ser usado” (*life cycle*, traduzido pelo autor). Kim e Hwang (2017) e Dale et al (2011) afirmam que a tecnologia LED possui um ciclo de vida maior que as demais alternativas, proporcionando uma economia de recursos no longo prazo.

Composto de materiais semicondutores, o LED é constituído por componentes eletrônicos que emitem luz de um determinado comprimento de onda quando uma corrente elétrica os atravessa, podendo ser compostos de diversos materiais e até de misturas deles, nesse caso gerando diferentes comprimentos de ondas, o que acarreta em distintas colorações (DALE et al, 2011).

Wanderley (2014) ressalta a importância da sustentabilidade e de seu papel na preocupação global a respeito garantia de um futuro digno para a humanidade, onde diversos fatores podem influenciar, entre eles os sistemas de iluminação. O autor conclui que para se tornar sustentável, o consumo energético na iluminação deve diminuir principalmente nas aplicações residenciais e comerciais, onde apresenta índices mais relevantes, conforme demonstrado nas Figura 2 e Figura 3, estando entre os três maiores setores consumidores de energia, atrás apenas do industrial. Além do alto consumo, um problema secundário apontado da iluminação convencional é o descarte das lâmpadas, gerando grande quantidade de resíduos que muitas vezes possuem componentes nocivos à saúde. O autor sugere a iluminação LED como solução ideal na busca pela sustentabilidade, por possuir menor consumo, maior vida útil (menos descartes provenientes por substituições) e a ausência de componentes nocivos.

2.3 Análise Econômica

De todo projeto voltado a um investimento é esperado um retorno econômico aceitável de acordo com as metas de administração dos investidores. Com isso, todo projeto acaba por desenvolver uma relação natural e direta entre exposição a condições adversas, no caso o risco, e o retorno esperado desse determinado projeto (SAMANEZ, 2009).

Geralmente maior rentabilidade implica em maior risco. Nesse contexto, um conceito que se desenvolve e é extremamente relevante para qualquer análise é o custo de oportunidade do capital, ou seja, o custo econômico que se tem ao escolher um investimento em detrimento de outro. Esse valor corresponde a remuneração alternativa que se pode ter no mercado ao optar por outro empreendimento de mesmo perfil de risco.

Ao deixar de assegurar determinados retornos visando rentabilidades maiores se expõe a riscos igualmente maiores, tem-se de levar em conta o retorno que se deixa de obter ao dizer “não” a opção de menor risco. Com isso, é comum que a taxa de retorno utilizada na análise de projetos, denominada taxa mínima de atratividade (TMA), seja composta por uma taxa chamada de livre de riscos somada a um prêmio pelo risco. A taxa livre de riscos normalmente é atrelada a rentabilidade de títulos públicos, dado que estes são os investimentos de menor risco de uma economia nacional.

O custo de capital é o retorno mínimo exigido por acionistas ou credores para determinar a viabilidade do investimento. Ele é composto por duas parcelas: o custo de capital próprio, que está relacionado aos acionistas; e o custo de capital de terceiros, relacionado aos credores. É comum utilizar de média ponderada de acordo com a composição do capital investido para calcular essa taxa.

Como o objetivo deste trabalho não é se aprofundar em análises econômicas, consideraremos nos estudos que a taxa mínima de atratividade é o custo de capital. Não será considerado também composição de capital, sendo este apenas próprio ou apenas de terceiros.

Segundo Samanez (2009), o valor de um projeto está inteiramente relacionado com sua capacidade de gerar renda econômica, ou seja, tem que ser possível visualizar ou estimar seus fluxos de caixas futuros. Com isso, ao analisar opções

diferentes de investimento, deve-se comparar fluxos de caixas dos investimentos em um ponto comum no tempo, considerando seus devidos espaçamentos de fluxos. Com base nessas premissas, desenvolvem-se algumas técnicas para análises de investimentos, algumas das quais serão comentadas a seguir.

2.3.1 Valor presente líquido

O valor presente líquido (ou VPL) tem como finalidade calcular os impactos futuros relativos a uma alternativa de investimento em termos de valor presente. Ou seja, ele traz o fluxo de caixa futuro gerado pelo projeto ao longo de sua vida útil a valor presente. Samanez (2009) diz que esse método leva a escolha ótima em casos onde não houver restrição de capital por maximizar o valor da empresa. O VPL é definido como:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + K)^t} \quad (11)$$

Onde:

I é o investimento inicial do projeto;

K é o custo de capital do projeto;

FC_t é o fluxo de caixa no t-ésimo período.

Utilizando esta técnica, o investimento será considerado viável economicamente sempre que $VPL > 0$. Isso significa que ao trazer os fluxos futuros a valor presente, considerando o desconto pelo custo de capital, ainda existe uma margem de segurança que poderá significar lucro ao investidor ao final do projeto.

2.3.2 Taxa interna de retorno

Ao contrário de outros métodos de análise, como o VPL, o método da taxa interna de retorno (ou TIR) não busca calcular a rentabilidade absoluta que o investidor terá no projeto a determinado custo de capital, mas consiste uma taxa de rendimento intrínseca, definida como taxa de retorno do investimento, através da qual o projeto se tornará viável economicamente (SAMANEZ, 2009).

Em termos mais simples, a TIR é a taxa hipotética que anula o VPL. Ou seja, é o valor de i^* que satisfaz a seguinte equação:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + i^*)^t} = 0 \quad (12)$$

A Figura 26 ilustra a variação do VPL em função da taxa mínima de atratividade, também conhecida como custo de capital. Pode-se observar que o valor definido para a TIR é aquele no qual o VPL é igual a zero, ou seja, o ponto onde o gráfico toca o eixo das abscissas.

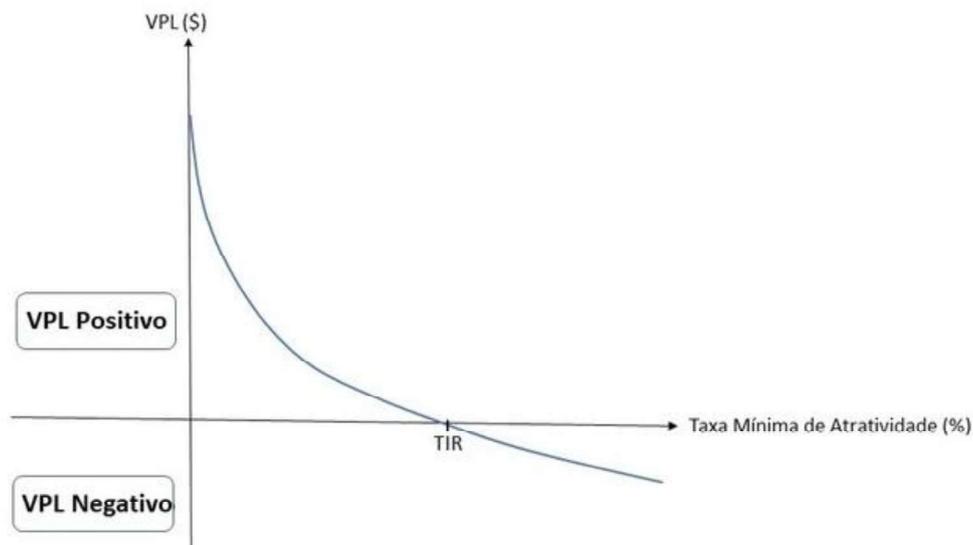


Figura 26: Variação do valor presente líquido (VPL) em função da taxa mínima de atratividade
Fonte: Dicionário financeiro, 2021.

Nesse método, o projeto será economicamente viável quando o custo de oportunidade de capital não exceder a taxa interna de retorno. Segundo Samanez (2009), apesar das semelhanças desse método com o valor presente líquido, em casos específicos isso pode não ser verdade, especialmente em casos de avaliação de projetos independentes ou processos mutuamente excludentes.

2.3.3 Payback

Segundo TRES (2009), todo investidor busca a alternativa que repõe mais rapidamente os seus recursos, pois quanto antes esse recurso for repostado, a menor risco esse investidor estará exposto e logo passará a receber lucros do investimento realizado.

O método do payback consiste em determinar o período que o projeto retornará o montante investido, ou seja, quanto tempo irá levar para que o fluxo de entrada iguale o desembolso inicial e a partir daí comece a gerar retorno real ao investidor.

Considerando um fluxo anual de receitas, podemos então definir de forma simples o payback como:

$$t = \frac{I}{R} \quad (13)$$

Onde:

I é o investimento inicial do projeto;

R é a receita anual do projeto;

t é o payback do projeto.

De maneira geral, podemos considerar que o projeto é viável economicamente se o payback for menor que a vida útil do projeto. Como fator de comparação, pode-se dizer que o melhor projeto será aquele terá um tempo menor de payback, contudo isso não é totalmente verdade. Por não considerar no seu cálculo fatores como taxa de retorno e custo de oportunidade de capital, além de não considerar os efeitos do fluxo de caixa após o período de retorno, esse método não é considerado o ideal para avaliar a viabilidade dos projetos, especialmente quando se pretende comparar entre opções distintas.

2.3.4 Payback descontado

Apesar do método payback ser mais conhecido, o payback descontado pode ser encarado como mais “refinado” e elaborado. Apesar de possuir ainda alguma das deficiências do método anterior, ele possui alguns avanços na sua análise. Através dele pode-se obter o tempo necessário para cobrir o custo do capital quanto as despesas, ou seja, determina o tempo necessário para que o valor presente líquido seja zero, entretanto desta vez considerando uma taxa de retorno estipulada (TRES, 2009).

Com isso, essa metodologia consiste em determinar o valor do tempo T com que satisfaz a equação:

$$I = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1 + K)^t} \quad (14)$$

Segundo Samanez (2011) e Tres (2009), o payback descontado deve ser utilizado como suporte em análise conjunta com outros métodos, tais como valor presente líquido e taxa interna de retorno.

3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

3.1 Caracterização da Edificação

Neste trabalho foi considerada uma edificação unifamiliar, de dois pavimentos, situada no município de Macaé, no estado do Rio de Janeiro, localizada na latitude $-22^{\circ}22'33''$ Sul e Longitude $-41^{\circ}46'30''$ Oeste. Esta edificação será erguida em um terreno com 398m^2 , com uma área total construída 290m^2 , sendo 184m^2 referentes ao pavimento inferior e $106,5\text{m}^2$ referente ao pavimento superior, resultando em uma taxa de ocupação de 37%.

Trata-se de uma residência de quatro quartos, quatro banheiros, um closet, uma sala, cozinha, área de serviço, escritório, garagem além das varandas e áreas externas.

O município de Macaé se situa no litoral norte do estado, na Região Norte Fluminense, possuindo um litoral de aproximadamente 23 quilômetros, com o clima caracterizado como tropical úmido, quente e úmido na maior parte do ano, com temperaturas variando entre 18°C e 30°C ao longo do ano, sendo essa amplitude térmica decorrente da troca de massas de ar entre as regiões litorâneas e serrana da cidade (MACAÉ, 2021).

As condições climáticas variam de acordo com a altitude, disposição do relevo em relação as massas de ar e da proximidade do oceano. A região litorânea, onde se localizará a edificação do estudo, se destaca por uma temperatura média mais alta e menor pluviosidade, com verões mais chuvosos e invernos mais secos, assim como em boa parte do sudeste brasileiro (PEREIRA et al, 2015).

A norma técnica ABNT NBR 15220:2003 estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro, dividindo o território do país em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima. Para cada uma delas a norma estabelece um conjunto de recomendações técnico-construtivas visando otimizar o desempenho térmico das edificações, adequando-as climaticamente. A Figura 27 mostra como é considerada a divisão segundo esse zoneamento.

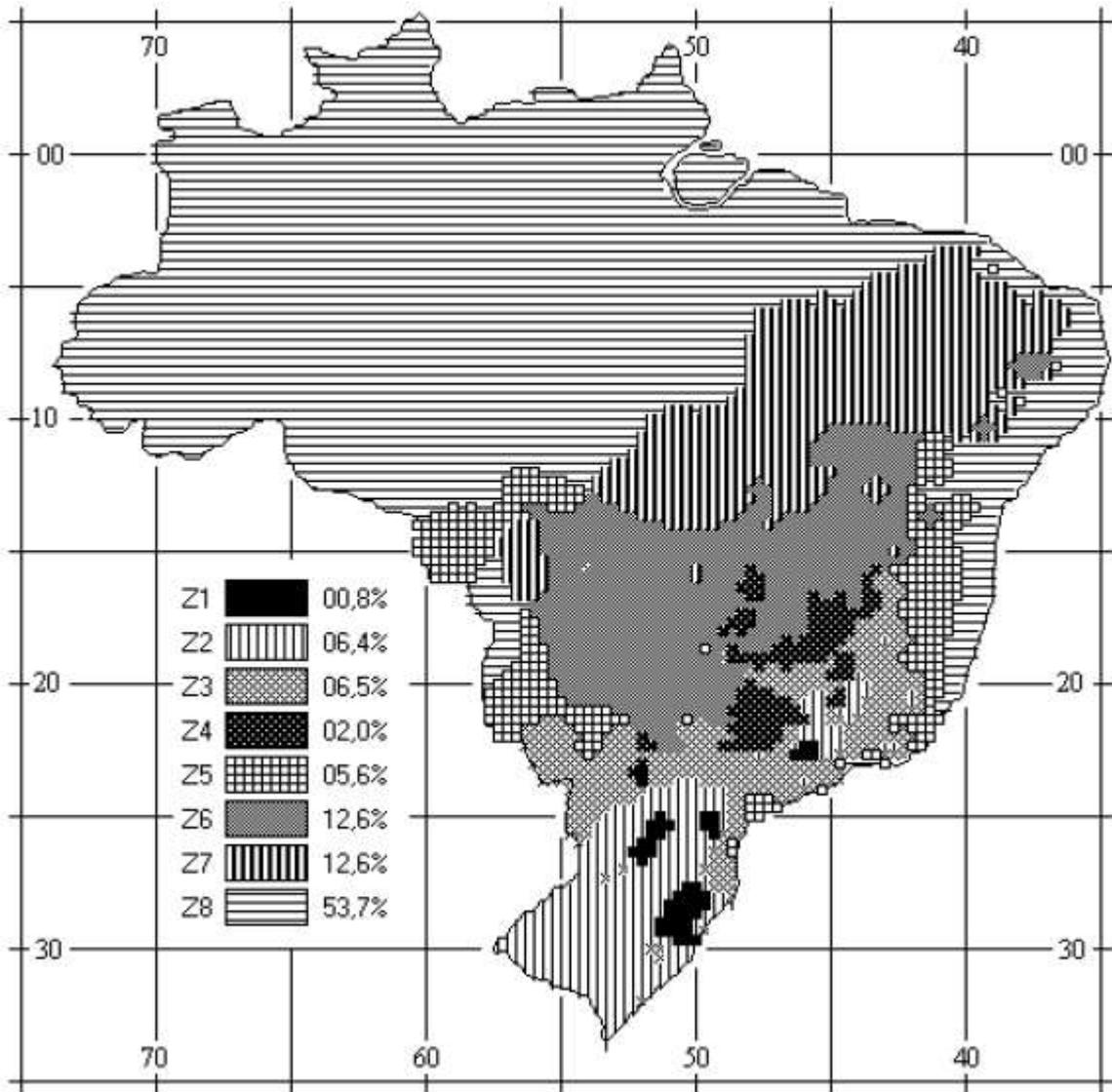


Figura 27: Zoneamento bioclimático brasileiro
Fonte: ABNT, 2003.

Ainda segundo a norma, a cidade de Macaé se localiza na zona 5, sendo então recomendadas aberturas médias e sombreadas para a ventilação, com paredes externas leves e refletoras e paredes internas pesadas, além de estratégias de ventilação cruzada como soluções de condicionamento térmico passivo (ABNT, 2003).

3.2 Aproveitamento de água das chuvas

Dado que o escopo deste trabalho não é realizar um dimensionamento detalhado de um sistema de aproveitamento, o objetivo desse capítulo consistirá em dimensionar um reservatório para o armazenamento e posterior utilização de água da chuva para usos não potáveis e em sua posterior orçamentação, para avaliação de sua viabilidade econômica.

3.2.1 Dados Pluviométricos

Neste estudo foram utilizados os dados pluviométricos da cidade de Macaé. Os dados da Tabela 2 foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019).

Tabela 2: Dados Pluviométricos para a cidade e Macaé - RJ

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual
2006									11,4	77	171,2	129,8	389,4
2007	328,2	88	47,6	94,4	74	17,6	29,6	28,8	19,8	246,4	174	135	1283,4
2008	345	133,4	141	269,6	28	43,2	29,8	4,6	140,4	159,2	351,6	223,4	1869,2
2009	291	143	92,6	128,8	53,6	65,4	53,8	19,4	92	139,6	103,4	273	1455,6
2010	52,4	184,2	164,4	100,8	56,4	42,8	112	11	30,8	75,4	302,2	125,4	1257,8
2011	105,6	16,4	201,6	92,4	70,4	22	16	51,6	38,6	137,8	129,6	125,4	1007,4
2012	381,4	2,2	106,4	33,2	174,4	213	25,4	71	29,4	32,2	18,8	41	1128,4
2013	291	84	223,8	38,8	48,4	57,6	18,8	0	2	95	219	331,2	1409,6
2014	4,4	17,8	49,2	79,2	77,2	60	123,4	27,2	9	26	90	41,6	605
2015	0	68	144	106,4	42,4	78,8	34,8	5,6	122,4	69,6	212,2	153,8	1038
2016	292,6	77,2	78,2	23,4	36,4	83	30,8	6,8	51,4	95,8	255	121,8	1152,4
2017	95,4	69,2	18,4	59,2	82	44,6	36,6	19,4	5,6	40,2	189,6	108,8	769
2018	90,4	196,8	217,4	89,8	81,8	22	22	92,4	77,2	135,6	288,8	68,6	1382,8
2019	77,6	155,4	108,4	86	319,8	34,6							781,8
													Média Anual
Média	181,2	95,0	122,5	92,5	88,1	60,4	44,4	28,2	48,5	102,3	192,7	144,5	1196,6

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do INMET (2019)

3.2.2 Estimativa de Demanda

Para o projeto em questão, serão estimadas as demandas para uso não potável da água, sendo considerados nesses usos apenas descargas de bacias sanitárias e irrigação de jardins, ou seja, considerando de maneira conservadora somente usos em que não exista risco de consumo humano.

Utilizando a Tabela 3 retirada de Tomaz (2010), o mais provável é que cada pessoa utilize a descarga 5 vezes por dia. Considerando que o padrão de descarga mais comum no Brasil possui capacidades entre 6 e 7 Litros e que segundo o autor podem ocorrer vazamentos nesses mecanismos até a ordem de 30%, adotaremos 9 litros por descarga. Considerando esses 45L/pessoa/dia, numa residência com quatro pessoas, chegamos a 180L/dia, o que equivale a 5,4m³/mês para descargas.

Tabela 3: Parâmetros para estimativa da demanda residencial de água

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Número pessoas na casa	pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,30	0,15
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	Litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4

Fonte: Tomaz (2010)

Tabela 4: Parâmetros para estimativas da demanda residencial de água para uso externo

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira. de jardim 1/2"x20m.	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m ²	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m ²	5,75
Reenchimento de piscinas	anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

Fonte: Tomaz (2010)

Seguindo o mesmo procedimento acima para irrigação de jardins, a partir da tabela 4, temos 2 Litros/dia/m². Considerando o jardim como toda área permeável descrita na planta de cobertura presente no Anexo D: Plantas da edificação (45,15m²) e a frequência de irrigação de um dia por semana, chegando a 362 litros por mês, ou 0,37 m³ aproximadamente.

3.2.3 Dimensionamento do reservatório

Para a realização do dimensionamento foram selecionados apenas três métodos, com a finalidade de simplificar o processo. Os métodos foram escolhidos com base nos resultados do trabalho de Rangel (2016), sendo os dois que mais se aproximaram de uma viabilidade de execução no que tange os custos do projeto além do método de Rippl, para que não sejam utilizados somente métodos práticos como base nesse dimensionamento.

Como premissa para o projeto, apesar da disponibilidade de dados pluviométricos a partir de 2004, optou-se por utilizar apenas os últimos 5 anos, período entre 2014 a 2018, não sendo considerado 2019 por não se ter os dados completos a época dos cálculos. Esse período de 5 anos foi adotado com base no trabalho de Rangel (2016), que foi realizado na mesma cidade de estudo. Sendo assim, foram utilizados os dados da Tabela 5 nos cálculos de dimensionamento a seguir.

Tabela 5: Dados pluviométricos do período entre 2014 e 2018

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual
2014	4,4	17,8	49,2	79,2	77,2	60	123,4	27,2	9	26	90	41,6	605
2015	0	68	144	106,4	42,4	78,8	34,8	5,6	122,4	69,6	212,2	153,8	1038
2016	292,6	77,2	78,2	23,4	36,4	83	30,8	6,8	51,4	95,8	255	121,8	1152,4
2017	95,4	69,2	18,4	59,2	82	44,6	36,6	19,4	5,6	40,2	189,6	108,8	769
2018	90,4	196,8	217,4	89,8	81,8	22	22	92,4	77,2	135,6	288,8	68,6	1382,8
Média	96,6	85,8	101,4	71,6	64,0	57,7	49,5	30,3	53,1	73,4	207,1	98,9	989,4

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do INMET (2019)

3.2.3.1 Método Prático de Azevedo Neto

Para este método, utilizando a equação 6, foi considerada a área do telhado de 184m², valor obtido através da planta de cobertura presente no anexo deste trabalho, o tempo de meses sem chuva como 1, meses em que o pluviometria foi em média menor ou igual a 30mm, e para a precipitação anual média, foi calculada a média aritmética entre os valores anuais demonstrados anteriormente, sendo ela igual a 989,4 mm.

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (6)$$

$$V = 0,042 * 989,4 * 184 * 1$$

$$V = 7646,08 \text{ L} = 7,6 \text{ m}^3$$

3.2.3.2 Método Prático Alemão

Considerando a demanda mensal de água não potável como 5,77 m³, temos que a demanda anual será de aproximadamente 70 m³.

Segundo Rangel (2016), o volume anual de água aproveitável pode ser obtido multiplicando o índice pluviométrico pela área de captação e pelo coeficiente de runoff, posteriormente dividindo o resultado por 1000 para encontrar o valor em metros cúbicos.

$$V = \frac{c * i * A}{1000} \quad (15)$$

Considerando a edificação construída com telhas cerâmicas e o coeficiente de runoff como 0,8 (conforme Tabela 6), a precipitação anual média 989,44 mm e a área do telhado 184m², aplicando a equação 15 obtemos o volume:

$$V = \frac{0,8 * 989,44 * 184}{1000} = 145,64 \text{ m}^3$$

Logo, podemos estimar o volume do reservatório através da equação 7, como:

$$V_{adotado} = \text{mínimo}(V, D) * 0,06 \quad (7)$$

$$V = \text{mínimo}(145,6, 70) * 0,06$$

$$V = 4,2 \text{ m}^3$$

Tabela 6: Coeficiente de Runoff

Materiais	Coeficiente de Runoff
Telhas Cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas Esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas Corrugadas de Metal	0,8 a 0,9
Cimento Amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2010).

3.2.3.3 Método de Rippl

Com o auxílio do Microsoft Excel, aplicamos o método de Rippl já descrito anteriormente utilizando os dados acima calculados, chegando no resultado apresentado abaixo:

Tabela 7: Resultados do Método de Rippl para o dimensionamento do reservatório

Mês	t (meses)	Precipitação		Q (m ³)	D (m ³)	S (m ³)	Valor Positivo
		Média Com Descarte	c				
Janeiro	1	84,07	0,8	12,37	5,8	-6,57	0
Fevereiro	2	80,73	0,8	11,88	5,8	-6,08	0
Março	3	82,93	0,8	12,21	5,8	-6,41	0
Abril	4	55	0,8	8,10	5,8	-2,30	0
Mai	5	91,6	0,8	13,48	5,8	-7,68	0
Junho	6	37,5	0,8	5,52	5,8	0,28	0,28
Julho	7	37,52	0,8	5,52	5,8	0,28	0,28
Agosto	8	17,4	0,8	2,56	5,8	3,24	3,24
Setembro	9	38,2	0,8	5,62	5,8	0,18	0,18
Outubro	10	53,44	0,8	7,87	5,8	-2,07	0
Novembro	11	180,72	0,8	26,60	5,8	-20,80	0
Dezembro	12	82,52	0,8	12,15	5,8	-6,35	0
Volume Total do Reservatório (m ³)							3,97

Fonte: Elaborado pelo autor

Com isso, obtemos o dimensionamento para o reservatório em torno de 4 m³, ou 4000L.

Segundo Tomaz (2010), o método de Rippl superestima o tamanho do reservatório, o que nos leva a concluir que é aceitável realizar correções para baixo, visando diminuir o custo final da execução da obra

Portanto, foi proposto para essa edificação um sistema composto de reservatórios inferior e superior, adotando conservadoramente o valor e 3800 L, sendo um reservatório inferior de 2800L e um reservatório superior de 1000 L.

Utilizaremos esse critério como base, dado que pela robustez do método de Rippl, ele torna-se mais confiável, além de ter proporcionado um resultado relativamente próximo ao método prático alemão.

O método de Azevedo Neto foi descartado das análises devido ao seu resultado ser considerado muito alto. A título de comparação, esse resultado sugere uma capacidade de armazenamento de água das chuvas somente para fins não potáveis quase com as mesmas dimensões do reservatório de água potável da edificação. Isso levou esse resultado a ser desconsiderado para efeitos de projeto nesse trabalho.

3.3 Orçamento

Para o reservatório inferior, foi escolhido o reservatório para cisternas da marca Acqualimp, fabricado em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) para uso enterrado, com tampa click de vedação total e equipado para uso com água de chuva, já com itens de série específicos para essa utilização, conforme demonstrado nas Figuras 28 e 29.



Figura 28: Cisterna em PEAD de uso enterrado para armazenamento de água da chuva
Fonte: Acqualimp (2020).



Figura 29: Equipamentos de adaptação da cisterna para armazenamento de água da chuva
Fonte: Acqualimp (2020).

Considerando a cisterna como um cilindro, sendo o diâmetro da caixa 1,57m e sua altura 1,82m de acordo com a Figura 28, podemos estimar o volume da caixa como:

$$V_{cisterna} = (\pi r^2) * h \quad (16)$$

$$V_{cisterna} = \pi * 0,785^2 * 1,82 = 3,52 \text{ m}^3$$

De acordo com o manual do fabricante (Figura 30), é exigido um diâmetro mínimo de escavação de 50cm a mais do que a caixa a ser instalada, assim como a altura de escavação seja no mínimo 20cm além da altura da cisterna já

considerando. Desta forma, pode-se obter uma vala, a partir da equação 17, com a seguinte dimensão:

$$Afundo = (\pi r^2) \quad (17)$$

$$Afundo = \pi * (0,785 + 0,25)^2 = 3,37m^2$$

Obtemos também assim o volume total a ser escavado, através da equação 18, como:

$$Vescavado = Afundo * h \quad (18)$$

$$Vescavado = 3,37 * (1,82 + 0,2) = 6,8m^3$$

Será realizada uma base de concreto de 5cm no fundo da vala onde será colocada a caixa, para regularização do solo. O volume de concreto utilizado será dado pela equação 19 como:

$$Vlastro = Afundo * 0,05 \quad (19)$$

$$Vlastro = 3,37 * 0,05 = 0,17m^3$$

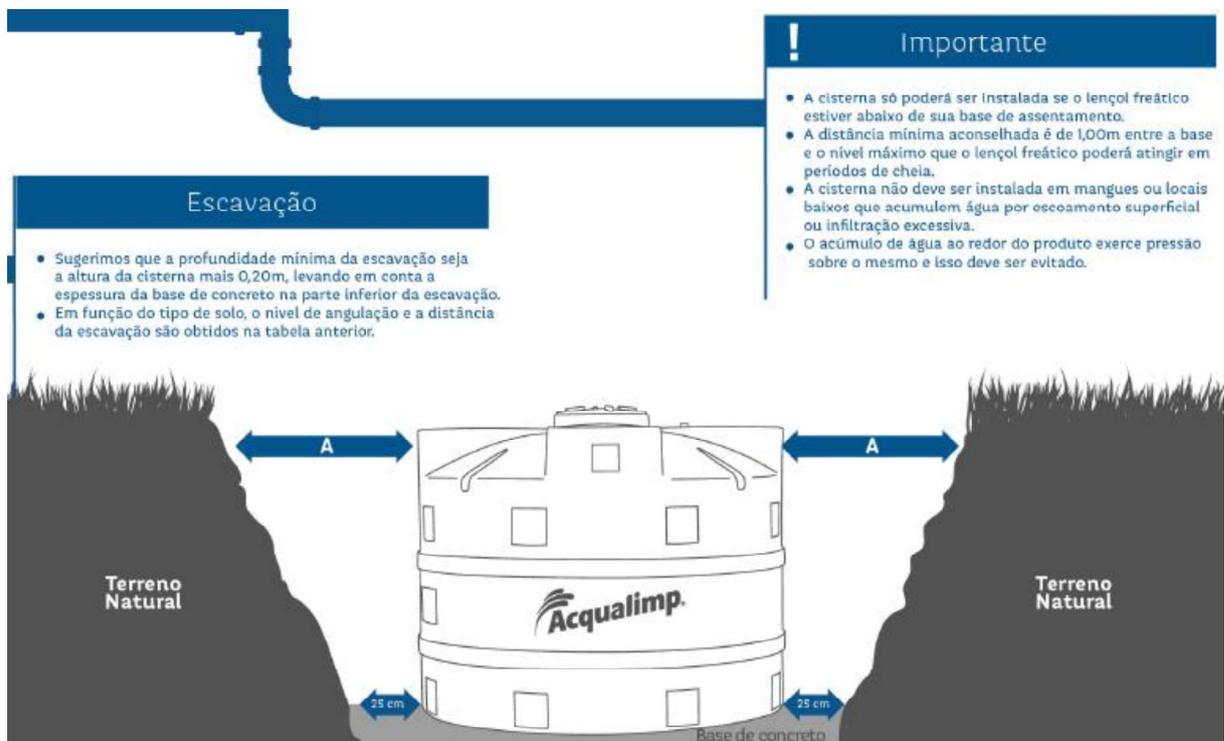


Figura 30: Recomendações do fabricante para a instalação da cisterna
Fonte: Acqualimp (2020).

Assim, podemos definir que o volume de reaterro será dado pela equação 20:

$$Vreaterro = Vescavado - Vcisterna - Vlastro \quad (20)$$

$$Vreaterro = 6,8 - 3,52 - 0,17 = 3,1m^3$$

A locação escolhida para o reservatório inferior foi próxima a cisterna principal de água potável, por ser uma área já conhecida em que seria possível escavar, mantendo 1,2m de distância entre elas para evitar interferências. A partir dela, foi lançada a tubulação de subida da água – sendo utilizados tubos de $\frac{3}{4}$ " – até o lado da porta, onde ficará localizada a bomba centrífuga, conforme pode-se visualizar na Figura 31. A partir desse ponto, a tubulação sobe verticalmente embutida na parede.

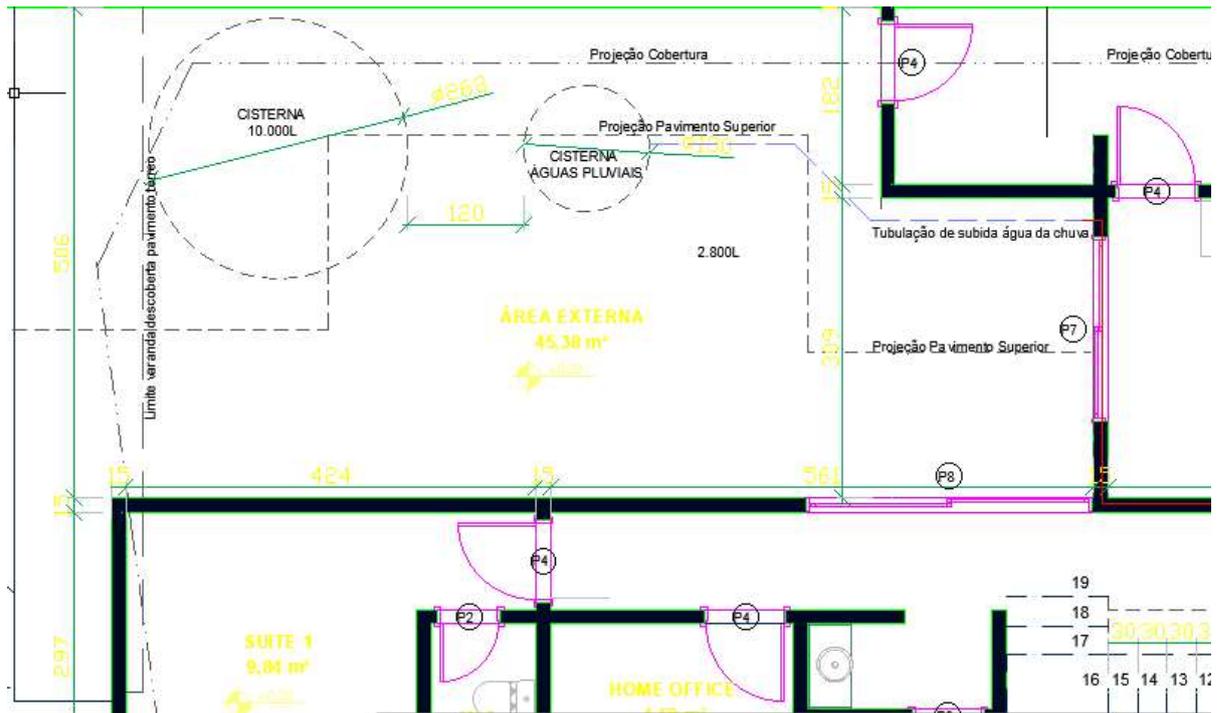


Figura 31: Localização da cisterna de água da chuva e tubulação no primeiro andar.
Fonte: Adaptado de Ecoresidência (2019).

Para o reservatório superior, foi escolhida caixa d'água comum de fibra, do modelo básica Fortlev, de 1000L, conforme Figura 32.

CAIXA D'ÁGUA FORTLEV



CARACTERÍSTICAS

Função: Armazenar água a temperatura ambiente. Para outras finalidades consulte o departamento técnico FORTLEV.

Aplicação: Residências, instalações comerciais, fazendas, escolas ou qualquer outra aplicação que necessite de armazenamento de água a temperatura ambiente.

Normas técnicas: Reservatórios fabricados conforme Norma NBR 14799 da ABNT. Procedimentos de instalação conforme Norma NBR 14800 e NBR 5626 da ABNT.

Figura 32: Caixa d'água simples para utilização como reservatório superior
Fonte: FORTLEVE (2020).

Seguindo o mesmo raciocínio do reservatório inferior, foi definida como locação para o reservatório superior o ático onde ficam localizadas as caixas de água potável. Foi então traçado o melhor percurso para a passagem da tubulação após a subida, até a caixa d'água, sendo esse embutido no forro. Esse percurso juntamente com a locação da caixa pode ser observado no recorte da planta de cobertura presente na Figura 33.

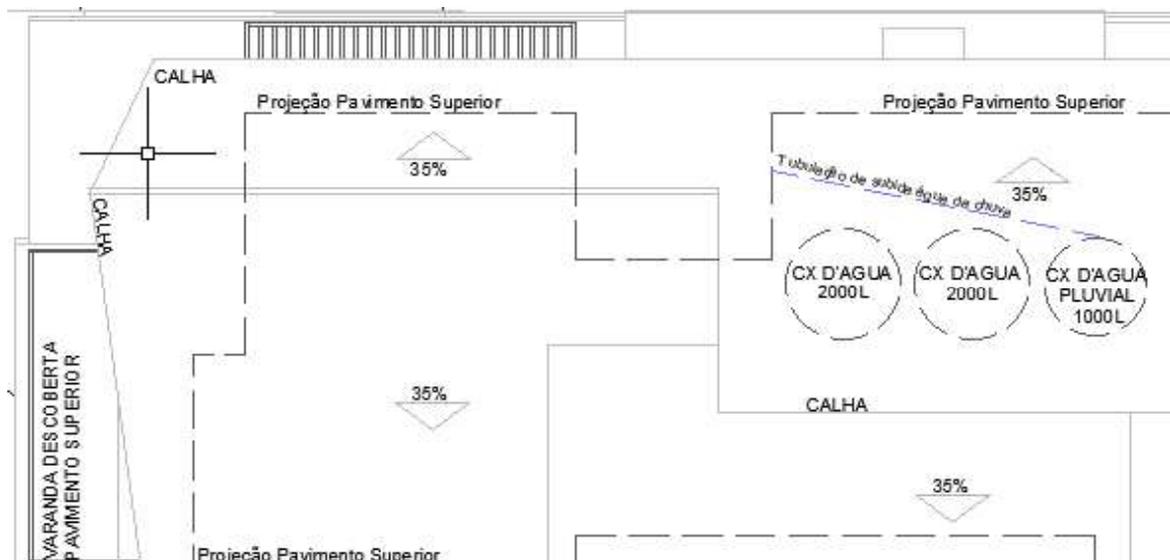


Figura 33: Locação do reservatório superior e tubulação
Fonte: Adaptado de Ecoresidência (2019).

Entre o reservatório inferior e a bomba foi considerada uma distância de 5m, sendo composta por três trechos de 1,5m, 1,2m e 2,3m respectivamente, sendo interligados por curvas de 45° visando suavizar o fluxo de água na linha de sucção.

A partir da bomba, foi considerado um trecho de subida embutido na parede de 8,2m, aproximadamente o pé direito da edificação, seguido de um trecho horizontal de 5m embutido em forro, sendo eles interligados por um joelho de 90°. Também teve de se considerar uma luva na tubulação de subida (por não ser comercializada seção maior que 6m), além de dois joelhos 90° e duas uniões para as conexões da bomba assim como dois joelhos para a conexão no reservatório superior.

Para a ligação do eletrônível, foram considerados eletrodutos corrugados de ¾” com locação similar à tubulação hidráulica, tendo, portanto, o mesmo comprimento linear, seguindo a ligação definida no diagrama elétrico demonstrado na Figura 34. Totalizando aproximadamente 48m de cabo de cobre flexível, onde foi adotado conservadoramente o diâmetro de 2,5mm².

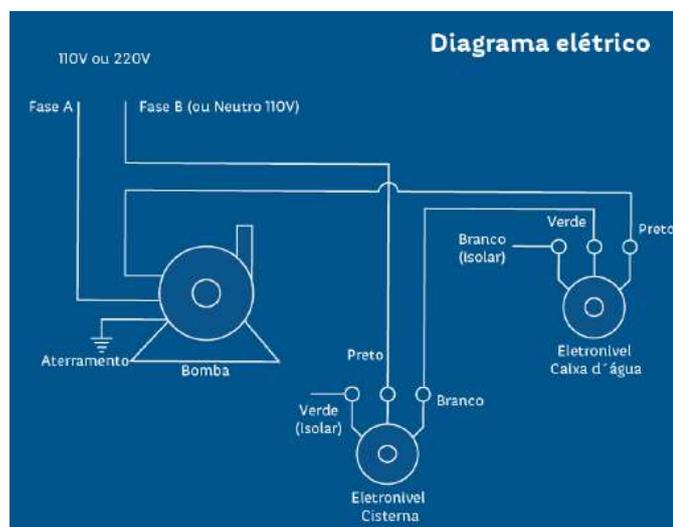


Figura 34: Diagrama elétrico de ligação para eletrônível
Fonte: Acqualimp (2020).

Para a alimentação da bomba, foi considerado um eletroduto embutido na parede a partir do quadro de distribuição (cuja localização é descrita na planta elétrica) até o local definido para a bomba, resultando em aproximadamente 6m de eletroduto corrugado de ¾” assim como aproximadamente 18m de cabo de cobre (três condutores necessários para a ligação).

É importante ressaltar que nesse projeto não foi levado em consideração o sistema de captação para efeitos de orçamento. Dado que o objetivo desse trabalho

é orçar e avaliar somente os custos relacionados a instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva se comparados a uma edificação que não o possui, partiu-se da premissa de que a edificação já teria um sistema de captação composto por telhados e calhas independente da instalação ou não desse sistema. Logo, esses itens não foram incluídos nos custos.

A partir de todos esses dados e quantitativos levantados, foi realizado o orçamento da instalação desse sistema, onde todos os cálculos encontram-se no anexo deste trabalho. Ao final, foi possível obter o custo total de R\$ 9654,38.

Considerando que a demanda total substituível por água reaproveitada das chuvas será atendida, a partir dos dados da estrutura tarifária da concessionária de água e esgoto do município onde a edificação será construída (Figura 35), podemos estimar o valor mensal a ser economizado com a utilização desse sistema de reaproveitamento.

DOMICILIAR			COMERCIAL		
FAIXAS DE CONSUMO m ³	ÁGUA (R\$)	ESGOTO (R\$)	FAIXAS DE CONSUMO m ³	ÁGUA (R\$)	ESGOTO (R\$)
1	Consumo Mínimo	3,48	1	00 - 20	13,58
2	00 - 15	3,99	2	21 - 30	23,93
3	16 - 30	8,79	3	> 30	25,57
4	31 - 45	11,98			18,97
5	46 - 60	23,97			
6	> 60	31,96			

Figura 35: Estrutura tarifária da concessionária de água e esgoto para a cidade em questão.
Fonte: BRK Ambiental (2019).

Partindo da premissa conservadora que em uma residência de alto padrão com 4 moradores o consumo mensal não ultrapassará os 15m³ mensais, teremos:

$$\text{Economia mensal de água} = \text{Demanda} \times \text{Tarifa} \quad (21)$$

$$\text{Economia mensal de água} = 5,8 \text{ m}^3 \times \text{R}\$3,99/\text{m}^3$$

$$\text{Economia mensal de água} = \text{R}\$23,14$$

Assumindo a mesma premissa para o esgoto e considerando o fato de a concessionária considerar uma taxa de conversão de 100% de água para esgoto, teremos:

$$\text{Economia mensal de esgoto} = \text{Demanda} \times \text{Tarifa} \quad (22)$$

$$\text{Economia mensal de esgoto} = 5,8\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,96/\text{m}^3$$

$$\text{Economia mensal de esgoto} = \text{R\$ } 17,17$$

Com isso, considerando o primeiro ano, podemos estimar uma economia mensal na conta de água de R\$40,31.

Contudo, esse valor é com base na tarifa vigente no ano de 2019. É esperado um aumento consistente da tarifa ao longo dos anos, que chamaremos de inflação hidráulica, que fará grande diferença nas estimativas de economias futuras. Considerando os dados tarifários da concessionária dos últimos cinco anos, foi calculado um aumento médio anual que servirá como base para as projeções a serem realizadas. Esses dados são demonstrados na Tabela 8, chegando a uma inflação média anual de 12,71% para os gastos com água e esgoto.

Tabela 8: Inflação hidráulica projetada com base nos últimos cinco anos

Tarifas	2015	2016	2017	2018	2019
Água	R\$ 2,32	R\$ 2,53	R\$ 2,81	R\$ 3,14	R\$ 3,99
Esgoto	R\$ 2,04	R\$ 2,29	R\$ 2,29	R\$ 2,29	R\$ 2,96
Total	R\$ 4,36	R\$ 4,82	R\$ 5,10	R\$ 5,43	R\$ 6,95
Aumento		10,55%	5,81%	6,47%	27,99%

Média	12,71%
-------	--------

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nesses dados, podemos estimar a redução que esse sistema irá gerar nos gastos com água e esgoto nos próximos anos, onde deduzindo do investimento necessário para sua implementação, podemos estimar o payback desse investimento, que segundo a Tabela 9 será em torno de 11 anos.

Tabela 9: Relação investimento x retorno e payback para o sistema de aproveitamento de água das chuvas.

Anos	Economia Anual de água	Retorno Acumulado (Água)	Lucro Acumulado Anual
1	R\$ 483,60	R\$ 483,60	-R\$ 9.170,78
2	R\$ 545,04	R\$ 1.028,64	-R\$ 8.625,74
3	R\$ 614,30	R\$ 1.642,94	-R\$ 8.011,44
4	R\$ 692,35	R\$ 2.335,29	-R\$ 7.319,09
5	R\$ 780,31	R\$ 3.115,60	-R\$ 6.538,78
6	R\$ 879,46	R\$ 3.995,06	-R\$ 5.659,32
7	R\$ 991,20	R\$ 4.986,26	-R\$ 4.668,12
8	R\$ 1.117,14	R\$ 6.103,40	-R\$ 3.550,98
9	R\$ 1.259,08	R\$ 7.362,48	-R\$ 2.291,90
10	R\$ 1.419,06	R\$ 8.781,54	-R\$ 872,84
11	R\$ 1.599,36	R\$ 10.380,89	R\$ 726,51
12	R\$ 1.802,57	R\$ 12.183,46	R\$ 2.529,08
13	R\$ 2.031,59	R\$ 14.215,05	R\$ 4.560,67
14	R\$ 2.289,72	R\$ 16.504,78	R\$ 6.850,40
15	R\$ 2.580,65	R\$ 19.085,42	R\$ 9.431,04
16	R\$ 2.908,54	R\$ 21.993,96	R\$ 12.339,58
17	R\$ 3.278,09	R\$ 25.272,05	R\$ 15.617,67
18	R\$ 3.694,59	R\$ 28.966,64	R\$ 19.312,26
19	R\$ 4.164,02	R\$ 33.130,66	R\$ 23.476,28
20	R\$ 4.693,08	R\$ 37.823,74	R\$ 28.169,36
21	R\$ 5.289,37	R\$ 43.113,11	R\$ 33.458,73
22	R\$ 5.961,42	R\$ 49.074,53	R\$ 39.420,15
23	R\$ 6.718,86	R\$ 55.793,40	R\$ 46.139,02
24	R\$ 7.572,54	R\$ 63.365,94	R\$ 53.711,56
25	R\$ 8.534,69	R\$ 71.900,63	R\$ 62.246,25

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Energia fotovoltaica

Um estudo foi desenvolvido pela empresa EcoResidência, localizada na mesma cidade da edificação objeto desse estudo, focada no projeto, execução e manutenção de sistemas de sustentabilidade.

A proposta da empresa consiste na implantação de um sistema solar fotovoltaico, que fará a conversão da energia solar em energia elétrica, onde a geração excedente será injetada na rede da concessionária (geração distribuída) gerando assim créditos ao proprietário, a serem utilizados em momentos nos quais a geração não seja possível.

Nesse estudo foi considerada uma demanda de consumo média de uma residência equivalente, com o mesmo porte, mesmo número de habitantes, mesmos equipamentos e mesmo padrão de consumo. Os dados foram obtidos através da conta fornecida pela concessionária de energia elétrica.

Tabela 10: Consumo Mensal de Energia Elétrica da Edificação

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Anual
Consumo (kWh)	832	902	758	804	896	758	698	712	748	807	859	871	804	9645

Fonte: Adaptado de Ecoresidência (2020)

Com isso, deve ser dimensionado um sistema gerador de energia que atenda a demanda média do cliente. Para avaliar a geração de energia do sistema proposto, primeiro deve-se determinar a potência instalada do sistema proposto, que é composto por 22 módulos de 335 Wp. O sistema proposto é composto de 22 módulos e um inversor similares aos especificados na Figura 36.

$$\text{Potência Instalada (P)} = \text{Potência dos Módulos} \times \text{Quantidade de Módulos} \quad (23)$$

$$P = 335 \text{ Wp} \times 22 = 7.370 \text{ Wp}$$



Figura 36: Componentes do Sistema Fotovoltaico proposto
Fonte: Ecoresidência (2019)

Determinada a potência instalada é possível calcular a geração de energia, multiplicando-a pela irradiação solar no local. Os dados de irradiação solar foram obtidos pela Ecoresidência, sendo esses dados oficiais da NASA. Com isso, chegou-se a um valor de 1077 kWh de média de geração mensal.

Existe, entretanto, uma perda na geração fotovoltaica devido a temperatura, que quanto maior, menor essa geração. Um coeficiente de perda de 0,37% por °C é atribuído pelo fabricante a esse equipamento. Com isso, foi obtida uma perda média por temperatura de 10,05%, possibilitando o cálculo do valor corrigido segundo essa perda, encontrando uma geração média mensal de 968 kWh.

Segundo a Ecoresidência (2020), os módulos devem ser instalados com sua orientação voltada para o Norte do país, assim como sua inclinação deve ter o mesmo valor da latitude local, visando a maximização da geração de energia. Com

esses cuidados tomados na instalação, a empresa acredita que possa eliminar as possíveis perdas por orientação (azimute).

Há também perdas por sombreamento e a eficiência do equipamento a serem consideradas. Estima-se uma perda de 5% devido ao sombreamento, tendo o inversor uma eficiência de 97,3%, podemos chegar a uma eficiência real de 92,44% (ECORESIDÊNCIA, 2020). Com isso, foi obtido o valor final e tido como oficial de geração média mensal desse sistema projetado, sendo ele igual a 895 kWh. A Tabela 11 e a Figura 37 mostram a geração prevista para cada mês, onde podemos observar que apesar de não ser possível projetar um sistema que produza exatamente o que será consumido, em um mês ele gerará menos, no outro mais, buscando na média equilibrar essa relação.

Tabela 11: Comparativo entre as médias de Consumo e Geração mensais

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Anual
Consumo (kWh)	832	902	758	804	896	758	698	712	748	807	859	871	804	9645
Geração (kWh)	1170	1096	966	828	712	641	674	827	837	955	916	1114	895	10736

Fonte: Adaptado de Ecoresidência (2020).

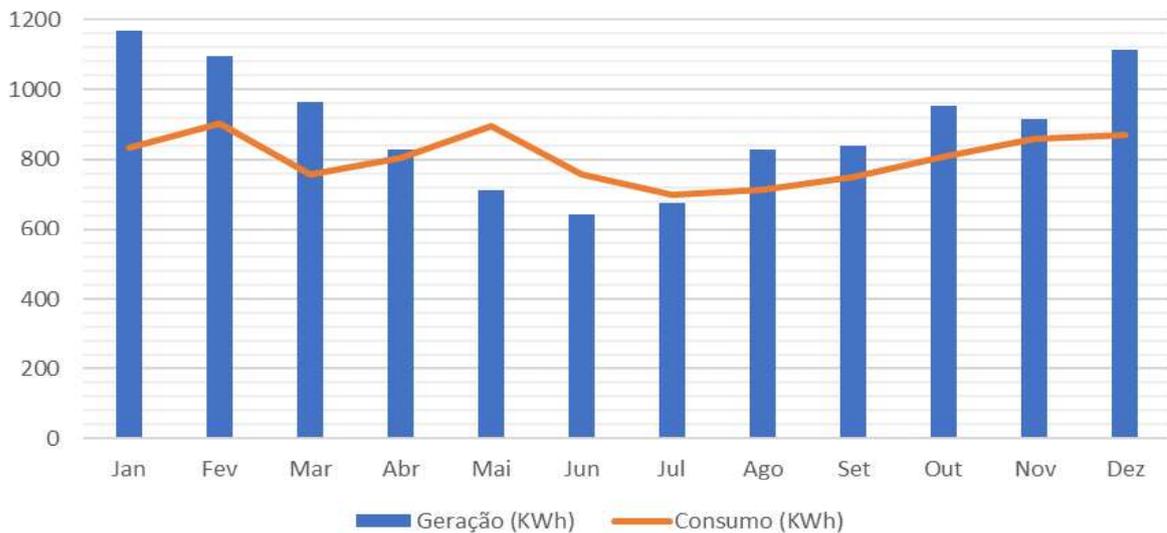


Figura 37: Comparativo entre Consumo e Geração de Energia elétrica

Fonte: Adaptado de Ecoresidência (2020).

Com isso, a empresa estima uma redução no consumo e consequentemente na conta de luz em torno de 88% a partir de um investimento inicial de R\$34.099,07, já incluindo os equipamentos e serviços de instalação. Portanto, é possível estimar um retorno sobre o investimento a ser feito (*payback*), onde leva-se em conta uma redução anual de 0,5% na geração de energia devido a depreciação do

equipamento e um aumento anual (inflação elétrica) de 10% na tarifa da conta de luz, valores esses todos calculados pela Ecoresidência. Logo, desconsiderando custos com bandeiras tarifárias e contribuições com iluminação pública, foram apresentados os seguintes dados pela empresa:

Tabela 12: Demonstrativo do Retorno Anual do Investimento do Projeto

Ano	Valor Anual sem FV	Valor Anual com FV	Tarifa	Retorno Acumulado	Lucro Anual
1	R\$ 10.127,25	R\$ 1.260,00	R\$ 1,05	R\$ 8.867,25	-R\$ 25.231,82
2	R\$ 11.139,98	R\$ 1.386,00	R\$ 1,16	R\$ 18.621,23	-R\$ 15.477,85
3	R\$ 12.253,97	R\$ 1.524,60	R\$ 1,27	R\$ 29.350,60	-R\$ 4.748,47
4	R\$ 13.479,37	R\$ 1.677,06	R\$ 1,40	R\$ 41.152,91	R\$ 7.053,84
5	R\$ 14.827,31	R\$ 1.844,77	R\$ 1,54	R\$ 54.135,45	R\$ 20.036,38
6	R\$ 16.310,04	R\$ 2.029,24	R\$ 1,69	R\$ 68.416,24	R\$ 34.317,17
7	R\$ 17.941,04	R\$ 2.232,17	R\$ 1,86	R\$ 84.125,12	R\$ 50.026,05
8	R\$ 19.735,15	R\$ 2.455,38	R\$ 2,05	R\$ 101.404,88	R\$ 67.305,81
9	R\$ 21.708,66	R\$ 2.700,92	R\$ 2,25	R\$ 120.412,62	R\$ 86.313,55
10	R\$ 23.879,53	R\$ 2.971,01	R\$ 2,48	R\$ 141.321,13	R\$ 107.222,06
11	R\$ 26.267,48	R\$ 3.268,12	R\$ 2,72	R\$ 164.320,49	R\$ 130.221,42
12	R\$ 28.894,23	R\$ 3.594,93	R\$ 3,00	R\$ 189.619,79	R\$ 155.520,72
13	R\$ 31.783,65	R\$ 3.954,42	R\$ 3,30	R\$ 217.449,02	R\$ 183.349,95
14	R\$ 34.962,01	R\$ 4.349,86	R\$ 3,62	R\$ 248.061,17	R\$ 213.962,10
15	R\$ 38.458,22	R\$ 4.784,85	R\$ 3,99	R\$ 281.734,54	R\$ 247.635,47
16	R\$ 42.304,04	R\$ 5.263,33	R\$ 4,39	R\$ 318.775,24	R\$ 284.676,17
17	R\$ 46.534,44	R\$ 5.789,67	R\$ 4,82	R\$ 359.520,02	R\$ 325.420,95
18	R\$ 51.187,88	R\$ 6.368,63	R\$ 5,31	R\$ 404.339,27	R\$ 370.240,20
19	R\$ 56.306,67	R\$ 7.005,50	R\$ 5,84	R\$ 453.640,44	R\$ 419.541,37
20	R\$ 61.937,34	R\$ 7.706,05	R\$ 6,42	R\$ 507.871,74	R\$ 473.772,67
21	R\$ 68.131,07	R\$ 8.476,65	R\$ 7,06	R\$ 567.526,16	R\$ 533.427,09
22	R\$ 74.944,18	R\$ 9.324,31	R\$ 7,77	R\$ 633.146,03	R\$ 599.046,96
23	R\$ 82.438,60	R\$ 10.256,75	R\$ 8,55	R\$ 705.327,88	R\$ 671.228,81
24	R\$ 90.682,46	R\$ 11.282,42	R\$ 9,40	R\$ 784.727,92	R\$ 750.628,85
25	R\$ 99.750,71	R\$ 12.410,66	R\$ 10,34	R\$ 872.067,96	R\$ 837.968,89

Fonte: Adaptado de Ecoresidência (2020).



Figura 38: Retorno sobre o investimento em geração fotovoltaica
Fonte: Adaptado de Ecoresidência (2020).

Conforme pode-se observar na Tabela 12 e na Figura 38, o sistema de geração fotovoltaica pode ser considerado um excelente investimento, apresentando um payback inferior a quatro anos.

3.5 Iluminação

Com base no projeto elétrico da edificação, presente no Anexo D: Plantas da edificação, foi possível fazer um levantamento dos pontos de iluminação previstos, assim como suas potências dimensionadas. A partir desses dados, foram elaboradas as Tabelas 12 e 13 com um resumo do levantamento dos pontos de iluminação previstos na edificação, considerando os pavimentos inferiores e superiores dela.

Tabela 13: Resumo de pontos de iluminação do pavimento inferior

Cômodo	Quantidade	Circuito	Potência Incandescente (W)
Garagem	2	2g	200
Varanda Garagem	1	2h	100
Sala	2	2k	100
II		2i	100
Circ. Escada	2	2j	200
Circ. Escritório	1	2m	100
Banheiro	2	2n	100
II		2o	100
Escritório	1	2p	100
Suíte	1	2q	100
Banh Suíte	1	2r	100

Cozinha	1	1a	100
Área de Serviço	2	1b	100
II		1c	100
Área Externa	2	1d	100
II		1e	100
Arandela	1	1f	60

Fonte: Adaptado de Ecoresidência (2019)

Tabela 14: Resumo dos pontos de iluminação do pavimento superior

Cômodo	Quantidade	Circuito	Potência Incandescente (W)
Quarto 2	1	1a	100
Varanda	1	1b	60
Quarto 1	1	1c	100
Banheiro	1	1d	100
Mezanino	3	1e	100
II		1f	100
II		1g	100
Closet	1	1h	100
Suíte Master	1	1i	100
Banheiro Master	1	1j	100
Varanda Master			
Arandela	1	1k	60
Circulação	2	1l	100
II		2l	100

Fonte: Adaptado de Ecoresidência (2019)

Com base nesses dados, foi possível consultar as informações do fabricante de lâmpadas sobre as equivalências delas, em relação às fluorescentes compactas (normalmente adotadas nos dias de hoje) e as LED. Foi elaborado então a Tabela 15 entre as potências equivalentes de lâmpadas a serem utilizadas, assim como seu quantitativo.

Tabela 15: Consolidação dos pontos de iluminação previstos para a edificação

Cômodo	Quantidade	Potência em Watts (W)		
		Incandescente	Fluorescente	LED
Garagem	2	100	25	15
Varandas	2	100	25	15
Sala	2	100	25	15
Circulação	8	100	25	15
Banheiro	5	100	25	15
Escritório	1	100	25	15
Quartos	4	100	25	15
Cozinha	1	100	25	15
Área de Serviço	2	100	25	15

Closet	1	100	25	15
Área Externa	2	100	25	15
Arandelas Ext	2	60	15	9

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de Ecoresidência (2019) e Kian (2019)

Verifica-se então que o projeto elétrico prevê 30 pontos de iluminação de 100W (podendo ser 25W fluorescente ou 15W LED) em conjunto com 2 pontos de 60W (Podendo ser 15W Fluorescente ou 9W LED).

Utilizando como base a loja Leroy Merlin, avaliamos o valor que seria necessário para a aquisição de cada um dos tipos de lâmpadas, como pode-se observar abaixo:

Tabela 16: Custo de aquisição de cada tipo de lâmpada

Tipo	Quantidade	Preço Unit	Valor Total
Fluorescente 15W	2	R\$ 8,99	R\$ 17,98
Fluorescente 25W	30	R\$ 11,29	R\$ 338,70
LED 9W	2	R\$ 9,79	R\$ 19,58
LED 15W	30	R\$ 15,90	R\$ 477,00

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de preço de Leroy Merlin (2019)

Foi também verificada a vida útil de cada modelo de lâmpada presente no manual deste mesmo fabricante, obtendo os valores de 6000h para os modelos fluorescentes compactos e 25000h para as lâmpadas LED.

Além da redução de consumo propiciada pelas lâmpadas LED por atenderem à mesma iluminação com uma potência menor, podemos também verificar que há um ganho considerável na sua vida útil, o que nos permite traçar um comparativo de custo considerando apenas o custo de aquisição de lâmpadas em um ciclo de 25000h para avaliar seu custo benefício.

Utilizando os dados de preço do fornecedor Leroy Merlin (2020), foi possível elaborar a Tabela 17:

Tabela 17: Custos estimados para a aquisição de lâmpadas considerando um ciclo de consumo de 25000h

Tipo	Quantidade	Qtd para 25000h	Preço Unit	Valor Total
Fluorescente 15W	2	8,33	R\$ 8,99	R\$ 74,92
Fluorescente 25W	30	125	R\$ 11,29	R\$ 1.411,25
LED 9W	2	2	R\$ 9,79	R\$ 19,58
LED 15W	30	30	R\$ 15,90	R\$ 477,00

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de preço de Leroy Merlin (2020)

Numa avaliação inicial, caso considerássemos a utilização apenas em um ciclo de 25000 horas, levando em conta apenas o custo de aquisição das lâmpadas, o

custo com as fluorescentes compactas seria aproximadamente três vezes mais se comparado as de LED.

Entretanto, para análise do investimento consideraremos a diferença de custo a ser empregada na mudança de uma tecnologia para outra. Esse custo pode ser facilmente observado abaixo:

Tabela 18: Diferença de custo considerando o upgrade pra LED

Tipo	Valor	
Total Fluorescente	R\$	356,68
Total LED	R\$	496,58
Diferença	R\$	139,90

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de preço de Leroy Merlin (2020)

Logo, o aumento no custo de aquisição das lâmpadas seria algo em torno de 40%. Esse valor retornaria facilmente após as primeiras 6000h de uso.

Contudo, é sabido que a lâmpada de LED traz benefícios não somente na vida útil, mas também na redução do consumo. Para avaliar os impactos financeiros dessa redução, foi estimado um padrão de uso, para essa determinada edificação ocupada por uma família hipotética de quatro integrantes, apenas para possibilitar o estudo e uma avaliação dos impactos da substituição do modelo de lâmpadas no valor dessa economia. Com isso, pôde-se elaborar a Tabela 19, para estimar o consumo de cada tipo de lâmpada. Por se tratar de uma edificação residencial, foi utilizado o valor de 30 dias no mês, sem levar em conta as diferenças entre dias úteis e finais e semana, sendo estimada uma média diária de uso, conforme demonstrado abaixo:

Tabela 19: Consumo Mensal Estimado de Energia com cada tipo de Iluminação

Cômodo	Quantidade	h/dia	Consumo (Wh)	
			C. Fluorescente	C. LED
Garagem	2	1	1500	900
Varandas	2	2	3000	1800
Sala	2	4	6000	3600
Circulação	8	12	72000	43200
Banheiro	5	1	3750	2250
Escritório	1	4	3000	1800
Quartos	4	2	6000	3600
Cozinha	1	3	2250	1350
Área de Serviço	2	1	1500	900

Closet	1	1	750	450
Área Externa	2	12	18000	10800
Arandelas Ext	2	12	10800	6480
Total	32		128550	77130

Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se perceber então que a mudança para o LED irá acarretar uma redução no consumo mensal de aproximadamente 40%, considerando as estimativas realizadas, o equivalente a 51,42KWh por mês, ou seja, 617,04KWh por ano.

Isso tornou possível realizar uma estimativa de retorno sobre o investimento, visando determinar o *payback* dessa proposta, utilizando os mesmos dados de tarifa e inflação energética considerados pela Ecoresidência (2019) no projeto fotovoltaico para manter a uniformidade nos cálculos. Dado o baixo investimento necessário para a implementação do LED em detrimento das fluorescentes compactas (R\$ 139,90) e da alta redução no consumo, conseguimos obter o *payback* desse investimento em menos de um ano, conforme demonstrado na Tabela 20 e na Figura 39.

Tabela 20: Payback do investimento em lâmpadas LED levando em consideração apenas a diferença de custo de aquisição vs redução no consumo.

Anos	Economia Anual de energia		Tarifa	Retorno Acumulado (Iluminação)		Lucro Acumulado Anual
1	R\$ 647,89	R\$ 1,05	R\$ 647,89	R\$ 507,99		
2	R\$ 712,68	R\$ 1,16	R\$ 1.360,57	R\$ 1.220,67		
3	R\$ 783,95	R\$ 1,27	R\$ 2.144,52	R\$ 2.004,62		
4	R\$ 862,34	R\$ 1,40	R\$ 3.006,87	R\$ 2.866,97		
5	R\$ 948,58	R\$ 1,54	R\$ 3.955,45	R\$ 3.815,55		
6	R\$ 1.043,44	R\$ 1,69	R\$ 4.998,88	R\$ 4.858,98		
7	R\$ 1.147,78	R\$ 1,86	R\$ 6.146,66	R\$ 6.006,76		
8	R\$ 1.262,56	R\$ 2,05	R\$ 7.409,22	R\$ 7.269,32		
9	R\$ 1.388,81	R\$ 2,25	R\$ 8.798,03	R\$ 8.658,13		
10	R\$ 1.527,70	R\$ 2,48	R\$ 10.325,73	R\$ 10.185,83		
11	R\$ 1.680,46	R\$ 2,72	R\$ 12.006,19	R\$ 11.866,29		
12	R\$ 1.848,51	R\$ 3,00	R\$ 13.854,71	R\$ 13.714,81		
13	R\$ 2.033,36	R\$ 3,30	R\$ 15.888,07	R\$ 15.748,17		
14	R\$ 2.236,70	R\$ 3,62	R\$ 18.124,77	R\$ 17.984,87		
15	R\$ 2.460,37	R\$ 3,99	R\$ 20.585,14	R\$ 20.445,24		
16	R\$ 2.706,41	R\$ 4,39	R\$ 23.291,54	R\$ 23.151,64		
17	R\$ 2.977,05	R\$ 4,82	R\$ 26.268,59	R\$ 26.128,69		
18	R\$ 3.274,75	R\$ 5,31	R\$ 29.543,34	R\$ 29.403,44		
19	R\$ 3.602,23	R\$ 5,84	R\$ 33.145,57	R\$ 33.005,67		
20	R\$ 3.962,45	R\$ 6,42	R\$ 37.108,01	R\$ 36.968,11		

21	R\$ 4.358,69	R\$ 7,06	R\$ 41.466,71	R\$ 41.326,81
22	R\$ 4.794,56	R\$ 7,77	R\$ 46.261,27	R\$ 46.121,37
23	R\$ 5.274,02	R\$ 8,55	R\$ 51.535,29	R\$ 51.395,39
24	R\$ 5.801,42	R\$ 9,40	R\$ 57.336,71	R\$ 57.196,81
25	R\$ 6.381,56	R\$ 10,34	R\$ 63.718,27	R\$ 63.578,37

Fonte: Elaborado pelo autor

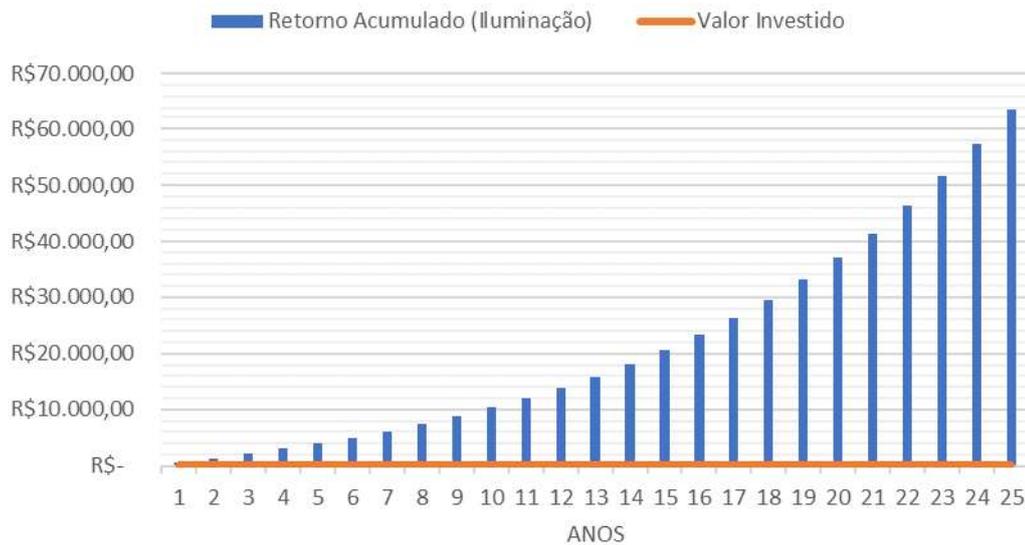


Figura 39: Payback da substituição das Lâmpadas por lâmpadas LED

Fonte: Elaborado pelo autor

Aqui vale a pena salientar que esse *payback* foi calculado considerando somente a redução dos custos com energia elétrica proporcionados pela substituição pela tecnologia LED, visto que esse é o mais significativo. Mas também podemos calcular a economia com custo de aquisição de lâmpadas nas substituições após final de vida útil.

Considerando mesmo horizonte de 25 anos proposto no projeto fotovoltaico, podemos calcular com base nos dados acima quantas horas de operação haveria nesse período, e assim calcular os índices que chamaremos de F (fluorescente) e L (LED), que determinarão quantas substituições serão necessárias para cada cômodo durante esse período, sendo a substituição de número 1 a instalação inicial das lâmpadas. Os resultados podem ser analisados na tabela abaixo:

Tabela 21: Índices de substituição das lâmpadas durante 25 anos.

Cômodo	Quantidade	h/25 anos	Índice F	Índice L
Garagem	2	9000	2	1
Varandas	2	18000	3	1
Sala	2	36000	6	2
Circulação	8	108000	18	5

Banheiro	5	9000	2	1
Escritório	1	36000	6	2
Quartos	4	18000	3	1
Cozinha	1	27000	5	2
Área de Serviço	2	9000	2	1
Closet	1	9000	2	1
Área Externa	2	108000	18	5
Arandelas Ext	2	108000	18	5

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir desses índices, podemos calcular os quantitativos de lâmpadas necessárias para os 25 anos de uso dessa edificação, de acordo com a vida útil das mesmas, assim como os custos de aquisição das mesmas a valor presente, conforme abaixo:

Tabela 22: Quantidades e valores totais de aquisição das lâmpadas para os 25 anos de uso.

Tipo	Quantidade	Preço Unit	Valor Total
Fluorescente 15W	36	R\$ 8,99	R\$ 323,64
Fluorescente 25W	241	R\$ 11,29	R\$ 2.720,89
LED 9W	10	R\$ 9,79	R\$ 97,90
LED 15W	74	R\$ 15,90	R\$ 1.176,60

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesse caso específico, estamos considerando que as lâmpadas não sofreriam alteração de preço ao longo dos anos, o que não reflete a realidade. Contudo, é a melhor aproximação possível dado que não é possível prever o valor futuro delas, que podem vir a aumentar ou diminuir devido a inúmeros fatores. Nessas condições específicas, ao final dos 25 anos teríamos o retorno já calculado acrescido do valor diferencial referente à troca de lâmpadas, que está representado abaixo, uma vez que para as lâmpadas LED serão necessárias menos substituições.

Tabela 23: Valor que se deixaria de gastar em substituições de lâmpadas optando pela tecnologia LED.

Tipo	Valor
Total Fluorescente	R\$ 3.044,53
Total LED	R\$ 1.274,50
Diferença	R\$ 1.770,03

Fonte: Elaborado pelo autor

3.6 Análise Financeira Total do projeto

Após analisar cada etapa do projeto individualmente, devemos fazer uma análise financeira macro desse projeto, a fim de determinar se as três etapas em conjunto são vantajosas a partir desse ponto de vista.

Essa análise individualizada das etapas foi fundamental para excluir o risco de o prejuízo de uma etapa não ser perceptível devido à alta rentabilidade de outra, devido a diferença considerável na ordem de grandeza dos valores envolvidos.

3.6.1 Payback

O valor total do investimento do projeto foi calculado, sendo esse demonstrado na Tabela 24. Foi então realizado uma análise do *payback* simples, à qual está demonstrada na Tabela 25. Para a construção dessa tabela, foram utilizados os retornos acumulados de todas as análises individuais realizadas anteriormente. Com o risco acima citado já eliminado, visto que já é sabida a contribuição de cada uma das etapas individualmente, é importante também para o investidor compreender o retorno global do projeto, considerando todas as etapas.

Tabela 24: Composição do custo total do projeto

Etapa do projeto	Custo
Sistema fotovoltaico de geração de energia	R\$ 34.099,07
Sistema de aproveitamento de água da chuva	R\$ 9.654,38
Substituição da iluminação Fluorescente por LED	R\$ 139,90
Total do Projeto	R\$ 43.893,35

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 25: Payback Geral do Projeto

Anos	Retorno Acumulado (Água)	Retorno Acumulado (FV)	Retorno Acumulado (LED)	Retorno Acumulado Total	Lucro Acumulado Anual
1	R\$ 483,60	R\$ 8.867,25	R\$ 647,89	R\$ 9.998,74	-R\$ 33.894,61
2	R\$ 1.028,64	R\$ 18.621,23	R\$ 1.360,57	R\$ 21.010,45	-R\$ 22.882,90
3	R\$ 1.642,94	R\$ 29.350,60	R\$ 2.144,52	R\$ 33.138,06	-R\$ 10.755,29
4	R\$ 2.335,29	R\$ 41.152,91	R\$ 3.006,87	R\$ 46.495,07	R\$ 2.601,72
5	R\$ 3.115,60	R\$ 54.135,45	R\$ 3.955,45	R\$ 61.206,50	R\$ 17.313,15
6	R\$ 3.995,06	R\$ 68.416,24	R\$ 4.998,88	R\$ 77.410,18	R\$ 33.516,83
7	R\$ 4.986,26	R\$ 84.125,12	R\$ 6.146,66	R\$ 95.258,05	R\$ 51.364,70
8	R\$ 6.103,40	R\$ 101.404,88	R\$ 7.409,22	R\$ 114.917,50	R\$ 71.024,15
9	R\$ 7.362,48	R\$ 120.412,62	R\$ 8.798,03	R\$ 136.573,14	R\$ 92.679,79

10	R\$	8.781,54	R\$ 141.321,13	R\$ 10.325,73	R\$ 160.428,40	R\$ 116.535,05
11	R\$	10.380,89	R\$ 164.320,49	R\$ 12.006,19	R\$ 186.707,58	R\$ 142.814,23
12	R\$	12.183,46	R\$ 189.619,79	R\$ 13.854,71	R\$ 215.657,96	R\$ 171.764,61
13	R\$	14.215,05	R\$ 217.449,02	R\$ 15.888,07	R\$ 247.552,14	R\$ 203.658,79
14	R\$	16.504,78	R\$ 248.061,17	R\$ 18.124,77	R\$ 282.690,72	R\$ 238.797,37
15	R\$	19.085,42	R\$ 281.734,54	R\$ 20.585,14	R\$ 321.405,10	R\$ 277.511,75
16	R\$	21.993,96	R\$ 318.775,24	R\$ 23.291,54	R\$ 364.060,74	R\$ 320.167,39
17	R\$	25.272,05	R\$ 359.520,02	R\$ 26.268,59	R\$ 411.060,66	R\$ 367.167,31
18	R\$	28.966,64	R\$ 404.339,27	R\$ 29.543,34	R\$ 462.849,25	R\$ 418.955,90
19	R\$	33.130,66	R\$ 453.640,44	R\$ 33.145,57	R\$ 519.916,66	R\$ 476.023,31
20	R\$	37.823,74	R\$ 507.871,74	R\$ 37.108,01	R\$ 582.803,49	R\$ 538.910,14
21	R\$	43.113,11	R\$ 567.526,16	R\$ 41.466,71	R\$ 652.105,98	R\$ 608.212,63
22	R\$	49.074,53	R\$ 633.146,03	R\$ 46.261,27	R\$ 728.481,83	R\$ 684.588,48
23	R\$	55.793,40	R\$ 705.327,88	R\$ 51.535,29	R\$ 812.656,57	R\$ 768.763,22
24	R\$	63.365,94	R\$ 784.727,92	R\$ 57.336,71	R\$ 905.430,57	R\$ 861.537,22
25	R\$	71.900,63	R\$ 872.067,96	R\$ 63.718,27	R\$ 1.007.686,86	R\$ 963.793,51

Fonte: Elaborado pelo autor

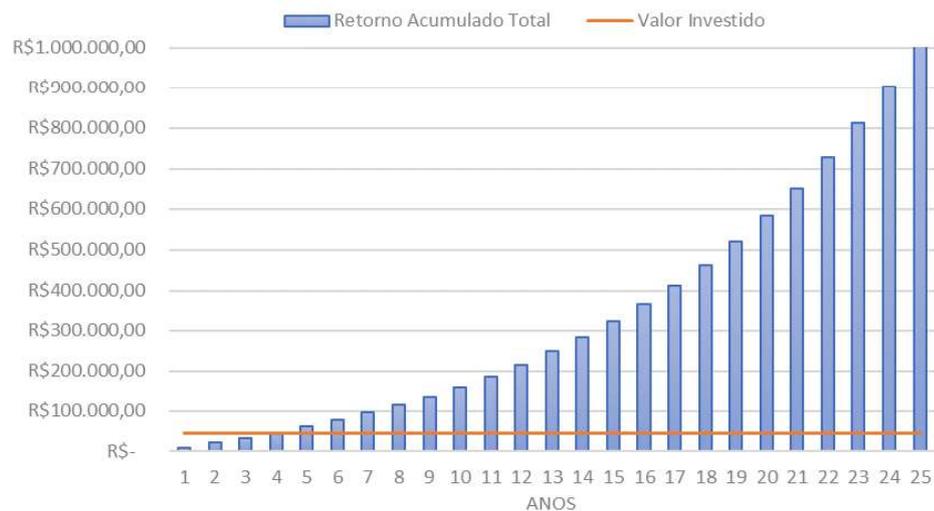


Figura 40: Payback Total do Investimento

Fonte: Elaborado pelo autor

Com isso, foi possível calcular a partir da Tabela 25 o retorno total acumulado do projeto, considerando as três etapas propostas, para então realizarmos a mesma análise de payback realizada anteriormente.

A partir desta tabela e da Figura 40, é possível perceber que o investimento retorna em um período entre 3 e 4 anos, o que indica um bom investimento dada a vida útil do projeto de ao menos 25 anos.

3.6.2 Valor presente líquido

Antes de fazer a análise do VPL, é necessário definir o custo de capital. Inicialmente, iremos considerar que o proprietário da edificação já possui o capital necessário para a realização de todas as etapas propostas, sem a necessidade de buscar empréstimos ou financiamentos. Nesse caso, o custo de capital será apenas o custo do capital próprio.

Existem algumas formas de calcular o custo de capital próprio, entre elas a mais difundida é o modelo de precificação de ativos financeiros, da sigla em inglês CAPM. Contudo, esse modelo leva em consideração definições mais complexas envolvendo coeficientes de risco do mercado, o que foge do escopo deste trabalho.

A fim de manter a análise econômica simples e superficial, iremos considerar o custo de capital como uma taxa livre de risco acrescida de um prêmio arbitrário pelo risco. Para a taxa livre de risco, foi utilizado a Letra Financeira do Tesouro Nacional (LFT), popularmente conhecida nos dias de hoje como “Tesouro Selic”, que remunera o valor da taxa básica de juros da economia brasileira, a taxa Selic, que era 4,5% a.a. no início de 2020 (BCB, 2020). Para o prêmio, foi definido o valor arbitrário de 5,5%a.a. chegando a um custo de capital próprio de 10%a.a.

Considerando que esse investimento em eficiência energética é algo muito específico, é difícil encontrar pares no mercado no mesmo perfil de risco para comparar o custo de oportunidade. Portanto, pode-se determinar que a análise levará em conta o emprego do capital no projeto ou o investimento em outra opção de baixo risco, no caso a própria letra financeira do tesouro. É concebível um prêmio de 5,5%a.a. em virtude de todo o trabalho a ser empregado ao longo da implementação do projeto.

Com isso definido, podemos calcular o fluxo de caixa descontado pelo custo de capital assim como o retorno acumulado considerando esse fluxo. Os resultados obtidos são demonstrados na Tabela 26.

Tabela 26: Fluxo de Caixa descontado do projeto

Período	Fluxo de Caixa		Fluxo de Caixa Descontado		Retorno Acumulado
0	-R\$	43.893,35	-R\$	43.893,35	-R\$ 43.893,35
1	R\$	9.998,74	R\$	9.089,77	-R\$ 34.803,58
2	R\$	11.011,71	R\$	9.100,58	-R\$ 25.703,00
3	R\$	12.127,62	R\$	9.111,66	-R\$ 16.591,34
4	R\$	13.357,00	R\$	9.123,01	-R\$ 7.468,33
5	R\$	14.711,43	R\$	9.134,64	R\$ 1.666,31
6	R\$	16.203,69	R\$	9.146,56	R\$ 10.812,87
7	R\$	17.847,86	R\$	9.158,77	R\$ 19.971,64
8	R\$	19.659,46	R\$	9.171,28	R\$ 29.142,93
9	R\$	21.655,63	R\$	9.184,10	R\$ 38.327,03
10	R\$	23.855,26	R\$	9.197,24	R\$ 47.524,26
11	R\$	26.279,18	R\$	9.210,69	R\$ 56.734,96
12	R\$	28.950,38	R\$	9.224,48	R\$ 65.959,44
13	R\$	31.894,19	R\$	9.238,61	R\$ 75.198,05
14	R\$	35.138,57	R\$	9.253,08	R\$ 84.451,13
15	R\$	38.714,39	R\$	9.267,92	R\$ 93.719,05
16	R\$	42.655,64	R\$	9.283,11	R\$ 103.002,16
17	R\$	46.999,91	R\$	9.298,68	R\$ 112.300,84
18	R\$	51.788,59	R\$	9.314,63	R\$ 121.615,48
19	R\$	57.067,41	R\$	9.330,98	R\$ 130.946,45
20	R\$	62.886,83	R\$	9.347,73	R\$ 140.294,18
21	R\$	69.302,49	R\$	9.364,88	R\$ 149.659,07
22	R\$	76.375,86	R\$	9.382,47	R\$ 159.041,53
23	R\$	84.174,73	R\$	9.400,48	R\$ 168.442,01
24	R\$	92.774,00	R\$	9.418,94	R\$ 177.860,95
25	R\$	102.256,29	R\$	9.437,85	R\$ 187.298,79

VPL	R\$ 187.298,79
TIR	33%
Payback Descontado	4-5 anos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao somar todos esses fluxos de caixa já descontados, obtemos o valor presente líquido do projeto (VPL) sendo R\$187.298,79. Como critério prático, a relação $VPL > 0$ já indica que o projeto é economicamente viável. O alto valor encontrado no VPL reforça essa conclusão, além abrir margem para interpretação que esse projeto pode ser altamente lucrativo dadas essas condições.

3.6.3 Taxa Interna de Retorno

A partir do fluxo de caixa descontado obtido na Tabela 26, foi possível usar a fórmula “TIR” do Microsoft Excel para determinar a taxa interna de retorno, chegando a uma taxa de aproximadamente 33%.

Considerando que a taxa mínima de atratividade (TMA) – nesse caso simplificada para o custo de capital próprio – é de 10%, pelo critério de $TMA < TIR$, podemos concluir que o projeto é viável economicamente.

3.6.4 Payback descontado

Ao observar o retorno acumulado descrito na Tabela 26, podemos claramente perceber que, para o fluxo de caixa descontado calculado, o investimento retornará em um período entre 4 e 5 anos. Dado a vida útil do projeto estimada em 25 anos, podemos considerar um payback curto, o que indica a viabilidade econômica do projeto.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foi proposto neste estudo a implementação de soluções sustentáveis numa edificação a ser construída de modo que fosse possível analisar os benefícios trazidos não apenas no aspecto ambiental e social, mas também no aspecto financeiro, sob a ótica de investimento e retorno.

Para tal, foram definidas três vertentes a serem seguidas: A instalação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, a instalação de um sistema fotovoltaico de geração de energia e a substituição do sistema de iluminação por um sistema mais eficiente.

Na primeira vertente foi dimensionado e orçado um sistema de reaproveitamento da água da chuva, considerando o sistema de captação já previsto na edificação. Foi calculada a economia que seria gerada por esse sistema e o tempo para que o valor investido retornasse e a partir de então gerasse lucro (*payback*), sendo esse algo entre 10 e 11 anos.

Olhando apenas pelo aspecto financeiro, o aproveitamento de água das chuvas não seria um investimento interessante devido ao longo tempo que esse valor levaria para retornar, sendo possível encontrar investimentos bem mais rentáveis no mercado financeiro. Todavia, não só o aspecto financeiro deve ser levado em conta, como também o ambiental e sustentável. Considerando essa ótica, a implementação desse sistema é de grande benefício para sociedade, visto que possibilita a redução do consumo de água potável, um bem escasso, limitado e não renovável da natureza.

Já na segunda vertente foi utilizado um estudo de dimensionamento e instalação de um sistema de geração de energia fotovoltaica realizado pela empresa Ecoresidência (2020), onde além de todo o projeto de implementação também foi realizada uma análise minuciosa de custo benefício e calculado o *payback* do projeto. No caso específico dessa edificação, com essas características de consumo, considerando a inflação elétrica estimada e sem levar em conta as variações no custo da energia devido a bandeiras, foi calculado um *payback* de 3 a 4 anos para o projeto.

Devido aos altos valores envolvidos, esse *payback* é considerado muito bom, principalmente levando em conta a vida útil do sistema (estimada pela Ecoresidência

em torno de 25 anos). Com um tempo de retorno tão pequeno e com uma vida útil longa, a tendência é que o usuário da edificação possa usufruir e muito dos benefícios financeiros gerados pelo sistema. Além do lucro já citado, não podemos deixar de avaliar também os benefícios ambientais de se utilizar uma fonte de energia limpa e renovável, que não gera poluentes e não agride o meio ambiente como outras formas de energia atualmente utilizadas.

Na terceira e última vertente, foi avaliada a substituição do sistema de iluminação (lâmpadas) por um modelo mais eficiente. A proposta envolvia a substituição das lâmpadas fluorescentes compactas usuais por modelos de LED. Foi observado que entre todas as vertentes, essa foi a mais lucrativa financeiramente, pois retornava o investimento com menos de um ano. Além de ser um ótimo investimento sobre essa ótica, também é um bom investimento no ponto de vista ambiental, considerando o menor consumo de energia (que geralmente envolvem fontes fósseis e /ou não renováveis) além da menor geração de resíduo, já que o modelo adotado tem vida útil cerca de cinco vezes superior ao modelo usual.

Por fim, feitas as considerações sobre os aspectos ambientais e sustentáveis de cada vertente além de sua análise financeira separada, foi realizada a análise financeira do projeto como um todo (englobando as três etapas ao mesmo tempo). A análise e interpretação separada foi fundamental para evitar que os dados fossem distorcidos, já que os valores do investimento em geração fotovoltaica são muito maiores que os demais, poderia acontecer de alguma das etapas não ser financeiramente vantajosa, mas assim parecer devido à alta rentabilidade da geração de energia.

Ao analisar o projeto como um todo, observamos que as opções de geração fotovoltaica e de iluminação são ótimos investimentos sobre todos os aspectos, entretanto o aproveitamento de água das chuvas pode não ser vantajoso nesse caso. Todavia, dado os altos retornos das demais partes, a escassez da disponibilidade de água potável no mundo e os benefícios que esse sistema traria ao meio ambiente, é um investimento interessante de ser realizado. É importante salientar que ele não pesa no retorno final do projeto como um todo. Foram então aplicados os modelos de análise de investimento além do payback, sendo o valor presente líquido, taxa interna de retorno e payback descontado. Em todos os métodos considerados pode-se concluir que o projeto é viável economicamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos estudos aqui realizados, foi possível concluir que construir uma edificação dotada de sistema de geração fotovoltaica de energia, aproveitamento de água das chuvas e iluminação por LED é vantajoso por mais de um aspecto.

Do ponto de vista ambiental foi possível perceber que é possível reduzir o consumo de energia através da iluminação eficiente, assim como o uso de energia provenientes de fontes não renováveis através da geração fotovoltaica, o que gera menos poluição e impactos ambientais. Com o sistema de aproveitamento de águas pluviais é possível reduzir o uso de água potável, contribuindo pra maior longevidade desse recurso tão importante e escasso.

Do ponto de vista financeiro, conclui-se se que o projeto como um todo é não só economicamente viável, mas uma alternativa de investimento extremamente rentável, com o seu capital inicial retornando rapidamente para o investidor.

Este trabalho se limitou a avaliar somente as soluções propostas no caso específico da residência objeto de estudo. No cálculo dos reservatórios de água da chuva, o método escolhido influenciou diretamente nos tamanhos e custos dos reservatórios, logo métodos diferentes podem chegar a diferentes resultados. Considerando que fomos conservadores ao estimar o reservatório, demais projetistas podem definir um reservatório menor, reduzindo também os custos de implantação. Ao longo do orçamento foram utilizadas as composições de preço não desoneradas do SINAPI referente ao mês de maio de 2020 do estado do Rio de Janeiro, usando também suas estimativas para preço de insumos, dada as dificuldades de pesquisa de preço no mercado local em períodos de pandemia. Somente os reservatórios, bomba centrífuga, chave bóia e o serviço de coleta de resíduos foram cotados no mercado externo para essa atividade, devido a especificidade que estes itens possuem. Nos cálculos da alternativa de iluminação proposta, as horas de uso de cada lâmpada tiveram de ser estimadas, devido à ausência de dados precisos para a edificação de estudo. Também só foram encontrados na loja a época da pesquisa o preço das lâmpadas fluorescentes compactas em kits de 10 unidades, sendo realizado o cálculo do custo unitário baseado nesse kit. O consumo de água acima de 15 m³ por mês também interferirá nos cálculos, devido as faixas de preço da concessionária.

Fica como sugestão para trabalhos futuros a reconsideração do aproveitamento de água das chuvas, talvez considerando outro tipo de reservatório e de processo construtivo, visando diminuir o custo de instalação e assim melhorar o retorno financeiro, para torná-lo mais atrativo assim como os outros processos aqui realizados.

Também podem ser consideradas análises financeiras mais profundas, com cálculos mais precisos de custos de oportunidade e custo de capital próprio, assim como considerar no projeto o custo de capital de terceiros que pode ser muito relevante caso o proprietário da edificação não possua o capital necessário. Nesse caso, seria excelente poder determinar o impacto desse capital de terceiros no investimento e a taxa limite de juros a qual o torna viável financeiramente.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

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

AMARANTE, Odilon A. C.; ZACK, Michael B. J.; SÁ, Antônio L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília: CRESESB, 2001.

ANA – Agência Nacional das Águas. **ATLAS Brasil: Abastecimento Urbano de Água**. Volume 1. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>>. Acesso em: 09 de outubro de 2019.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Micro e Mini geração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. 2ª ed. 31p. Brasília: ANEEL, 2016.

AQUASTOCK – Tecnologia para o aproveitamento de água de chuva. **Catálogo de Produtos: Aproveitamento de água da chuva**. 2013. Disponível em: <<http://aquastock.com.br/img/d4da8a70810301310e8ebf4bb4714114.pdf>>. Acesso em: 10/10/2019.

ARANTES, Beatriz. **Conforto térmico em edificações de interesse social – um estudo de caso**. 2013. 114p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Bauru/SP.

BCB – Banco Central do Brasil. **Taxas de juros básicas - Histórico**. Brasil, 2021. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em: 21/03/2021.

BELL, S., MORSE, S. **Sustainability Indicators: Measuring the Immeasurable?** 2nd edition. London, UK: Earthscan Publication, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Artigo 6. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Constituicao.htm#art6> Acesso em: 31/01/2021.

BRASIL. **Lei Nº 10257, de 10 de julho de 2001, Estatuto da Cidade**. Artigo 2. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm> Acesso em: 19/08/2021.

CAMBRIDGE. **Dicionário online**. Cambridge: Cambridge University Data Press, 2020. Disponível em: <<https://dictionary.cambridge.org>>. Acesso em: 16/02/2021.

COSTA, Bruno. **Análise da Lei nº 1866/1993, de licitações e contratos administrativos à luz dos princípios da sustentabilidade visando seu emprego**

na contratação de obras públicas. 2018. 253p. Tese de Doutorado (Área de concentração: Gestão, Produção E Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ.

DALE, Alexander T.; BILEC, Melissa M.; MARRIOTT, Joe; HARTLEY, Douglas; JURGENS, Cassie; ZATCOFF, Eric. **Preliminary Comparative Life-Cycle Impacts of Streetlight Technology.** Journal of Infrastructure Systems. v. 17, n. 4, p. 193-199. 2011. Disponível em: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000064](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000064)>. Acesso em: 04/09/2018.

DÁVI, Giovani Almeida. **Avaliação do comportamento energético de um edifício residencial à energia neto positiva com sistema solar fotovoltaico conectado à rede (SFVCR).** 2013. 174p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/107504>>. Acesso em: 03/04/2019.

DICIO, **Dicionário online de português.** Porto: 7graus, 2020. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br>>. Acesso em: 08/02/2021.

DICIONARIO FINANCEIRO, **Dicionário financeiro.** São Paulo: 7graus, 2021. Disponível em: <<https://www.dicionariofinanceiro.com/valor-presente-liquido/>>. Acesso em: 08/03/2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018. Ano Base 2017.** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2018vf.pdf>>. Acesso em: 02/08/2020.

ECORESIDÊNCIA. **Energia Solar / Estudo de viabilidade: Memória de Cálculo do estudo feito para José de Alencar Gomes do Nascimento, FV-463-A.** Revisão 0. Macaé: 2020.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados.** Cad. EBAPE.BR, Rio de Janeiro, v. 15, n. 3, p. 667-681, jul. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1679-395157473>>. Acesso em: 12/05/2019.

FORTELEV. **Guia de Instalação: Cisterna Vertical.** 2014. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/uploads/2015/03/Catalogo_Cisterna_Vertical.pdf>. Acesso em 10/10/2019.

FRESCO, Louise O.; KROONENBERG, Salomon B. **Time and spatial scales in ecological sustainability.** Land Use Policy. v. 9, n. 3, p. 155-168. 1992. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0264-8377\(92\)90040-4](https://doi.org/10.1016/0264-8377(92)90040-4)>. Acesso em: 12/05/2019.

GREENER – Estudo e viabilidade de energia solar fotovoltaica. **Estudo estratégico: Mercado Fotovoltaico Geração Distribuída 1º Semestre.** Brasil, 2019. Disponível em: <<http://greener.greener.com.br/estudo-gd-1sem2019>>. Acesso em: 02/11/2019.

IBGE – Instituto Nacional de Geografia Estatística. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) 2018**. Brasil, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2018_v28_informativo.pdf>. Acesso em: 02/02/2021.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos para a estação de Macaé (A608)**. Brasil, 2019. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 23/12/2019.

IUCN (World Conservation Union), UNEP (United Nations Environment Programme) and WWF (World Wide Fund for Nature). **Caring for the Earth: A Strategy for Sustainable Living**. Gland, 1991. Disponível em: <<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/CFE-003.pdf>> Acesso em: 12/05/2019.

KIM, Jeong Tai; HWANG, Taeyon. **Feasibility Study on LED Street Lighting with Smart Dimming Systems in Wooi Stream, Seoul**. Journal of Asian Architecture and Building Engineering. v. 116, n. 2, p. 425-430. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.3130/jaabe.16.425>>. Acesso em: 08/10/2019.

KIBERT, Charles J. **Stablising principles and a model for sustainable construction**. Sustainable Constrution. v. 6, n. 9, p. 3-12. 1994. Disponível em: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC24773.pdf>. Acesso em: 08/10/2019.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. PROCEL/UFSC. 188p. São Paulo: PW Editores, 1997. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br/index.php/publicacoes/livros>>. Acesso em: 12/05/2019.

LEE, Hyunjoo; LEE, Misuk; LIM, Sésil. **Do Consumers Care About the Energy Efficiency of Buildings? Understanding Residential Choice Based on Energy Performance Certificates**. Sustainability, v. 10, no. 11. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su10114297>>. Acesso em: 12/05/2019.

LYNAM, John K.; HERDT, Robert W. **Sense and sustainability: Sustainability as an objective in international agricultural research**. Agricultural Economics. v. 3, n. 4, p. 381-398. 1989. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0169-5150\(89\)90010-8](https://doi.org/10.1016/0169-5150(89)90010-8)>. Acesso em: 12/05/2019.

KIBERT, Charles J. **Establishing principles and a model for sustainable construction**. In: CIB TG 16, Sustainable Construction. Tampa, 1994. Disponível em: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC24773.pdf>. Acesso em: 15/05/2019.

MACAÉ – Prefeitura Municipal de Macaé. **O Município em dados**. Macaé. Disponível em: <<http://www.macaee.rj.gov.br/conteudo/leitura/titulo/o-municipio-em-dados>>. Acesso em: 03/03/2021.

MANGIALARDO, Alessia; MICELLI, Ezio; SACCANI, Federica. **Does Sustainability Affect Real State Market Values? Empirical Evidence from the Office Buildings**

Market in Milan (Italy). Sustainability, v. 11, no. 12. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su11010012>>. Acesso em: 07/06/2019.

MARQUES, Augusto Martins. **Desempenho térmico de edificações unifamiliares de interesse social: Estudo de casos em Imbituba – SC.** 2008. 134p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br/node/200>>. Acesso em: 12/05/2019.

MARTINE, George; ALVES, José E. D. **Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade?** Revista Brasileira de Estudos de População, v. 32, no. 3. p. 433-460. Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbepop/a/pXt5ZtxqShgBKDJVTDjfWRn/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 20/08/2021.

MOUSAVI, Smaeil; KARA, Sami; KORNFELD, Bernard. **A hierarchical framework for concurrent assessment of energy and water efficiency in manufacturing systems.** Journal of Cleaner Production. v. 133, p. 88-98. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.074>>. Acesso em: 04/09/2018.

OLIVEIRA, P. A. V.; MATTHIENSEN, A.; ALBINO, J. J.; BASSI, L. J.; GRINGS, V. H. BALDI, P. C. **Aproveitamento de água da chuva na produção de suínos e aves.** 38p. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. Livro digital disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_v7r28u3f.pdf>. Acesso em: 12/05/2019.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Nações Unidas no Brasil.** 2021. Disponível em <<https://brasil.un.org/pt-br>>. Acesso em 08/08/2021.

PEREIRA, Enio B.; MARTINS, Fernando R.; ABREU, Samuel L.; RÜTHER, Ricardo. **Atlas brasileiro de energia solar.** 60p. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2006.html>. Acesso em: 21/06/2019.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar.** 88p. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>>. Acesso em: 21/06/2019.

PEREIRA, Leonardo; NUNES, Flávio; CRUZ, João; VILELA, Carolina; MENDES, Stella; SILVA, Ana Camila da; BORGES, Giselle. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.** Rio de Janeiro: Editora Nova Tríade do Brasil Ltda, 2015.

PERMAN, Roger; MA, Yue; MCGILVRAY, James; COMMON, Michael. **Natural Resource and Environmental Economics.** 3rd edition. Harlow: Pearson Education Limited, 2003.

PINELLI, Natasha. **Há exatos 137 anos uma lâmpada elétrica foi acesa por Thomas Edison.** 2016. Revista Galileu. Editora Globo. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Energia/noticia/2016/10/ha>>

137-anos-uma-lampada-eletrica-foi-acesa-por-thomas-edison.html>. Acesso em: 08/10/2019.

PINHEIRO, Manuel. **Construção sustentável: mito ou realidade**. In: VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente. Lisboa, 2003.

PRAKI, P. **A proposal to classify road lighting energy efficiency**. Lighting Research and Technology. v. 43, n. 3, p. 271-280. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1477153511407996>>. Acesso em: 12/05/2019.

RANGEL, Marina Leixas. **Análise de viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais no polo universitário da cidade de Macaé – RJ**. 2016. 159p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé/RJ. Disponível em: <<http://engenharias.macaee.ufrj.br>>. Acesso em: 28/09/2020.

RUTGERS – School of Arts and Sciences. **Patent nº 214,636 Electric-Lights**. Thomas A. Edison Papers. 1879. Disponível em: <<http://edison.rutgers.edu/patents/00214636.PDF>>. Acesso em: 08/10/2019.

RÜTHER, Ricardo; ZILLES, Roberto. **Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil**. Energy Policy. v. 39, n. 3, p. 1027-1030. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.021>>. Acesso em: 12/05/2019.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **Saiba como identificar vazamentos, corrigir o problema e evitar desperdícios**. Mantena, 2014. Disponível em: <<http://www.saaemantena.mg.gov.br/saiba-como-identificar-vazamentos/>>. Acesso em: 10/10/2019.

SAMANEZ, Carlos P. **Engenharia Econômica**. 210p. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

TASHIBRA. **Catálogo de Produtos 2019**. Santa Catarina, 2019. Disponível em: <<http://www.tashibra.com.br/site/web/pt/produtos>>. Acesso em: 02/11/2019.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 491p. São Paulo, 2010. Livro digital disponível em: <<http://pliniotomaz.com>>.

TOMAZ, Plínio. **Água pague menos**. 140p. São Paulo, 2014. Livro digital disponível em: <<http://pliniotomaz.com>>.

TRES, Tássia. **Viabilidade econômico-financeira de um conjunto de alternativas para auxiliar no processo de decisão – caso real de um empreendimento imobiliário**. 2009. 65p. Trabalho de conclusão de curso – Programa de Graduação em Ciências Contábeis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Contabeis291476.pdf>>. Acesso em: 12/05/2019.

URBANETZ, Jair; ZOMER, Clarissa Debiazi; RÜTHER, Ricardo. **Compromises between form and function in grid-connected, building-integrated photovoltaics (BIPV) at low-latitude sites**. Building and Environment. v. 46, n. 10,

p. 2107-2113. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.024>>. Acesso em: 19/03/2020.

VIEIRA, Abel Silva. **Uso racional da água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina**. 2012. 190p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/100475>>. Acesso em 03/04/2019.

WANDERLEY, Thiago Costa. **A evolução das lâmpadas e a grande revolução dos LEDs**. Revista Especialize On-line IPOG. 8ª Edição. v. 1. n. 009. Goiânia, 2014. Disponível em <<http://www.ipoggo.com.br/uploads/arquivos/e742d5482bb006753ea0c36fba295c56.pdf>>. Acesso em: 08/10/2019.

WONG, Johnny K. W.; CHAN, Jackson K. S.; WADU, Mesthrige J. **Facilitating effective green procurement in construction projects: An empirical study of the enablers**. Journal of Cleaner Production. v. 135, p. 859-871. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.001>>. Acesso em: 12/05/2019.

Anexo A: Planilha orçamentária

Na planilha orçamentária apresentada na tabela 25 foram considerados apenas os itens descritos, não sendo considerados tubulações de coleta de águas e em um cenário hipotético de obra sem BDI. O orçamento foi realizado basicamente com dados do SINAPI, salvo poucas exceções descritas na planilha e identificadas na coluna “referências”.

Tabela 27: Planilha orçamentária elaborada para a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
ITEM	REFERÊNCIA	CÓDIGO DA REFERÊNCIA	ESPECIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN	QUANT.	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL
01.00							
01.01	SINAPI	96522	Escavação manual para bloco de coroamento ou sapata, sem previsão de fôrma	m³	6,80	R\$ 158,99	R\$ 1.081,13
01.02	SINAPI	94046	Escoramento de vala, tipo pontaleamento, com profundidade entre 1,5m e 3,0m e largura entre 1,5m e 2,5m em local com baixo nível de interferência	m²	13,14	R\$ 24,54	R\$ 322,46
01.03	SINAPI	94099	Preparo de fundo de vala com largura entre 1,5m e 2,5m em local com baixo nível de interferência	m²	3,37	R\$ 3,35	R\$ 11,29
01.04	SINAPI	94974	Concreto magro para lastro 1:4,5:4,5 (Cimento, areia média, brita 1) - preparo manual	m³	0,17	R\$ 397,90	R\$ 67,64
01.05	SINAPI	92873	Lançamento com uso de bales, adensamento e acabamento de concreto em estruturas	m³	0,17	R\$ 228,53	R\$ 38,85
01.06	ORÇAMENTO	N / A	Cisterna Água da Chuva 2800L	unid	1,00	R\$ 4.950,00	R\$ 4.950,00
01.07	SINAPI	96995	Reaterro manual apiloado com soquete	m³	3,10	R\$ 53,39	R\$ 165,51
						TOTAL DA ETAPA	R\$ 6.636,88
02.00							
02.01	SINAPI	88503	Caixa d'água em polietileno, 1000 L, com acessórios	unid	1,00	R\$ 771,74	R\$ 771,74
02.02	SINAPI	89446	Tubo, PVC, soldável, DN 25mm, instalado em prumada de água - Fornecimento e Instalação	m	8,20	R\$ 3,24	R\$ 26,57
02.03	SINAPI	89402	Tubo, PVC, soldável, DN 25mm, instalado em ramal de distribuição de água - Fornecimento e Instalação	m	10,50	R\$ 8,09	R\$ 84,95
02.04	SINAPI	89408	Joelho 90 graus, PVC, soldável, DN 25mm, instalado em ramal de distribuição de água - Fornecimento e Instalação	unid	4,00	R\$ 5,69	R\$ 22,76
02.05	SINAPI	89411	Curva 45 graus, PVC, soldável, DN 25mm, instalado em ramal de distribuição de água - Fornecimento e Instalação	unid	2,00	R\$ 6,71	R\$ 13,42

02.06	SINAPI	89428	União, PVC, soldável, DN 25mm, instalado em ramal de distribuição de água - Fornecimento e Instalação	unid	2,00	R\$ 9,29	R\$ 18,58
02.07	SINAPI	89481	Joelho 90 graus, PVC, soldável, DN 25mm, instalado em prumada de água - Fornecimento e Instalação	unid	2,00	R\$ 4,18	R\$ 8,36
02.08	SINAPI	89528	Luva, PVC, soldável, DN 25mm, Instalado em prumada de água - Fornecimento e Instalação	unid	1,00	R\$ 3,22	R\$ 3,22
						TOTAL DA ETAPA	R\$ 949,59
03.00							
03.01	SINAPI	88547	Chave de bóia automática 10A / 250V - Fornecimento e Instalação	unid	2,00	R\$ 80,56	R\$ 161,12
03.02	SINAPI	83648	Bomba de recalque d'água 0,5 HP	unid	1,00	R\$ 974,44	R\$ 974,44
03.03	SINAPI	93653	Disjuntor Monopolar Tipo DIN, corrente nominal de 10A - Fornecimento e Instalação	unid	1,00	R\$ 10,83	R\$ 10,83
03.04	SINAPI	91834	Eletroduto flexível corrugado, PVC, DN 25MM (3/4"), para circuitos terminais, instalado em forro - fornecimento e instalação	m	6,80	R\$ 7,80	R\$ 53,04
03.05	SINAPI	91854	Eletroduto flexível corrugado, PVC, DN 25mm (3/4"), para circuitos terminais, instalado em parede - Fornecimento e Instalação	m	14,20	R\$ 8,86	R\$ 125,81
03.06	SINAPI	91845	Eletroduto flexível corrugado reforçado, PVC, DN 25MM (3/4"), para circuitos terminais, instalado em laje - Fornecimento e Instalação	m	5,50	R\$ 7,03	R\$ 38,67
03.07	SINAPI	91926	Cabo de cobre flexível isolado, 2,5mm ² , anti-chama 450 / 750 V, para circuitos terminais - Fornecimento e Instalação.	m	60,00	R\$ 3,15	R\$ 189,00
						TOTAL DA ETAPA	R\$ 1.552,91
04.00							
04.01	ORÇAMENTO	N / A	Aluguel de caçamba de 5m ³ incluindo aluguel, transporte e destinação final do resíduo	unid	1,00	R\$ 515,00	R\$ 515,00
						TOTAL DA ETAPA	R\$ 515,00
						TOTAL:	R\$ 9.654,38
NOTAS:							
1 - AS COLUNAS NOMEADAS COMO "REFERÊNCIA" E "CÓDIGO DA REFERÊNCIA" IDENTIFICAM, RESPECTIVAMENTE, A FONTE DE PREÇO UTILIZADA E O SEU CÓDIGO.							

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em dados do SINAPI (2020) e orçamentos realizados.

Anexo B: Composição de custos unitários

As composições abaixo foram construídas através dos dados do SINAPI para o estado do Rio de Janeiro com o mês de maio de 2020, o mais atualizado até a consulta, como referência. As composições utilizadas na planilha orçamentária estão demonstradas abaixo na tabela 26. No campo “código” foi estabelecido uma legenda do tipo “C.XXX” para composições e “I.XXX” para itens tratados como insumos no SINAPI. Os números usados após o ponto são o código do respectivo item na base de dados. Composições dentro de composições não foram aqui detalhadas.

Para alguns casos específicos foi utilizada a composição do SINAPI com apenas algum dos insumos orçado externamente, devido a especificação de marca e capacidade dos mesmos.

Em um período de pandemia, tornou-se inviável a pesquisa de preços no mercado local para a realização do orçamento, o que poderia ter agregado mais confiabilidade e realidade aos cálculos. Ao invés disso, foram utilizados os dados presentes na base de dados do SINAPI para a maioria dos itens.

Tabela 28: Composições de custo unitárias utilizadas no orçamento de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva.

96522	SINAPI	Unidade: m ³	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA, SEM PREVISÃO DE FÔRMA. AF_06/2017		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
C.88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,3610	R\$ 28,24	R\$ 66,67
C.88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	4,1470	R\$ 22,26	R\$ 92,31
Total	Total				R\$ 158,99
94046	SINAPI	Unidade: m ²	ESCORAMENTO DE VALA, TIPO PONTALETEAMENTO, COM PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3,0 M, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.2736	MADEIRA ROLICA SEM TRATAMENTO, EUCALIPTO OU EQUIVALENTE DA REGIÃO, H = 3M, D = 20 A 24CM (PARA ESCORAMENTO)	M	0,1090	R\$ 12,79	R\$ 1,39

I.5061	PREGO DE AÇO POLIDO COM CABEÇA 18X27 (2 1/2 X 10)	KG	0,0100	R\$ 10,90	R\$ 0,11
I.6189	TABUA DE MADEIRA NÃO APARELHADA *2,5 X 30* CM, CEDRINHO OU EQUIVALENTE DA REGIÃO	M	0,1900	R\$ 11,27	R\$ 2,14
C.88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,5560	R\$ 28,06	R\$ 15,60
C.88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2380	R\$ 22,26	R\$ 5,30
Total	Total				R\$ 24,54
94099	SINAPI	Unidade: m ²	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
C.88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0520	R\$ 28,24	R\$ 1,47
C.88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0780	R\$ 22,26	R\$ 1,74
C.91533	COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO (SOQUETE) COM MOTOR A GASOLINA 4 TEMPOS, POTÊNCIA 4 CV - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0020	R\$ 37,97	R\$ 0,08
C.91534	COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO (SOQUETE) COM MOTOR A GASOLINA 4 TEMPOS, POTÊNCIA 4 CV - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,0020	R\$ 32,75	R\$ 0,07
Total	Total				R\$ 3,35
94974	SINAPI	Unidade: m ³	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MANUAL. AF_07/2016		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.370	AREIA MÉDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M ³	0,8530	R\$ 55,00	R\$ 46,92
I.1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	218,6500	R\$ 0,41	R\$ 89,65
I.4721	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M ³	0,5960	R\$ 65,00	R\$ 38,74
C.88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	10,0000	R\$ 22,26	R\$ 222,60
Total	Total				R\$ 397,90

92873	SINAPI	Unidade: m ³	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
C.88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,8460	R\$ 28,06	R\$ 51,80
C.88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,8460	R\$ 28,24	R\$ 52,13
C.88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	5,5380	R\$ 22,26	R\$ 123,28
C.90586	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	0,6720	R\$ 1,53	R\$ 1,03
C.90587	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF_06/2015	CHI	1,1470	R\$ 0,26	R\$ 0,30
Total	Total				R\$ 228,53
96995	SINAPI	Unidade: m ³	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE. AF_10/2017		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
C.88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,3986	R\$ 22,26	R\$ 53,39
Total	Total				R\$ 53,39
88503	SINAPI	Unidade: UN.	CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 1000 LITROS, COM ACESSÓRIOS		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.67	ADAPTADOR PVC ROSCAVEL, COM FLANGES E ANEL DE VEDACAO, 1/2", PARA CAIXA D' AGUA	UN.	1,0000	R\$ 6,95	R\$ 6,95
I.68	ADAPTADOR PVC SOLDABEL, COM FLANGES LIVRES, 32 MM X 1", PARA CAIXA D' AGUA	UN.	2,0000	R\$ 11,92	R\$ 23,84
I.87	ADAPTADOR PVC SOLDABEL, LONGO, COM FLANGE LIVRE, 25 MM X 3/4", PARA CAIXA D' AGUA	UN.	1,0000	R\$ 10,95	R\$ 10,95
I.119	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, BISNAGA COM 75 GR	UN.	0,4000	R\$ 5,89	R\$ 2,36
I.3146	FITA VEDA ROSCA EM ROLOS DE 18 MM X 10 M (L X C)	UN.	0,3000	R\$ 2,89	R\$ 0,87
I.3536	JOELHO PVC, SOLDABEL, 90 GRAUS, 32 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	UN.	1,0000	R\$ 1,36	R\$ 1,36
I.7140	TE SOLDABEL, PVC, 90 GRAUS, 32 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)	UN.	1,0000	R\$ 2,57	R\$ 2,57

I.9868	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	M	1,5000	R\$ 2,31	R\$ 3,47
I.9869	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 32 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	M	2,0000	R\$ 5,18	R\$ 10,36
I.11675	REGISTRO DE ESFERA, PVC, COM VOLANTE, VS, SOLDAVEL, DN 32 MM, COM CORPO DIVIDIDO	UN.	1,0000	R\$ 37,11	R\$ 37,11
I.11829	TORNEIRA DE BOIA CONVENCIONAL PARA CAIXA D'AGUA, 1/2", COM HASTE E TORNEIRA METALICOS E BALAO PLASTICO	UN.	1,0000	R\$ 18,79	R\$ 18,79
ORÇ. LEROY	CAIXA D'AGUA EM POLIETILENO 1000 LITROS, COM TAMPA	UN.	1,0000	R\$ 272,90	R\$ 272,90
C.88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	7,7000	R\$ 21,57	R\$ 166,09
C.88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	7,7000	R\$ 27,81	R\$ 214,14
Total	Total				R\$ 771,74
89446	SINAPI	Unidade: m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.9868	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	M³	1,0610	R\$ 2,31	R\$ 2,45
C.88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0160	R\$ 21,57	R\$ 0,35
C.88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0160	R\$ 27,81	R\$ 0,44
Total	Total				R\$ 3,24
89402	SINAPI	Unidade: m	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.9868	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	M³	1,0610	R\$ 2,31	R\$ 2,45
I.38383	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100	UN.	0,0380	R\$ 1,65	R\$ 0,06
C.88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1130	R\$ 21,57	R\$ 2,44

C.88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1130	R\$ 27,81	R\$ 3,14
Total	Total				R\$ 8,09
89408	SINAPI	Unidade: UN.	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.122	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR	UN.	0,0070	R\$ 53,20	R\$ 0,37
I.3529	JOELHO PVC, SOLDÁVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	UN.	1,0000	R\$ 0,45	R\$ 0,45
I.20083	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3	UN.	0,0080	R\$ 46,20	R\$ 0,37
I.38383	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100	UN.	0,0300	R\$ 1,65	R\$ 0,05
C.88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0900	R\$ 21,57	R\$ 1,94
C.88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0900	R\$ 27,81	R\$ 2,50
Total	Total				R\$ 5,69
89411	SINAPI	Unidade: UN.	CURVA 45 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.122	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR	UN.	0,0070	R\$ 53,20	R\$ 0,37
I.1927	CURVA DE PVC 45 GRAUS, SOLDÁVEL, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)	UN.	1,0000	R\$ 1,47	R\$ 1,47
I.20083	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3	UN.	0,0080	R\$ 46,20	R\$ 0,37
I.38383	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100	UN.	0,0300	R\$ 1,65	R\$ 0,05
C.88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0900	R\$ 21,57	R\$ 1,94
C.88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0900	R\$ 27,81	R\$ 2,50
Total	Total				R\$ 6,71

89428	SINAPI	Unidade: UN.	UNIÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.122	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR	UN.	0,0070	R\$ 53,20	R\$ 0,37
I.9906	UNIAO PVC, SOLDÁVEL, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	UN.	1,0000	R\$ 5,54	R\$ 5,54
I.20083	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3	UN.	0,0080	R\$ 46,20	R\$ 0,37
I.38383	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100	UN.	0,0300	R\$ 1,65	R\$ 0,05
C.88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0600	R\$ 21,57	R\$ 1,29
C.88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0600	R\$ 27,81	R\$ 1,67
Total	Total				R\$ 9,29
89481	SINAPI	Unidade: UN.	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.122	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR	UN.	0,0070	R\$ 53,20	R\$ 0,37
I.3529	JOELHO PVC, SOLDÁVEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	UN.	1,0000	R\$ 0,45	R\$ 0,45
I.20083	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3	UN.	0,0080	R\$ 46,20	R\$ 0,37
I.38383	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100	UN.	0,0130	R\$ 1,65	R\$ 0,02
C.88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0600	R\$ 21,57	R\$ 1,29
C.88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0600	R\$ 27,81	R\$ 1,67
Total	Total				R\$ 4,18
89528	SINAPI	Unidade: UN.	LUVA, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total

I.122	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 850 GR	UN.	0,0070	R\$ 53,20	R\$ 0,37
I.3904	LUVA PVC SOLDAVEL, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	UN.	1,0000	R\$ 0,48	R\$ 0,48
I.20083	SOLUCAO LIMPADORA PARA PVC, FRASCO COM 1000 CM3	UN.	0,0080	R\$ 46,20	R\$ 0,37
I.38383	LIXA D'AGUA EM FOLHA, GRAO 100	UN.	0,0130	R\$ 1,65	R\$ 0,02
C.88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0400	R\$ 21,57	R\$ 0,86
C.88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0400	R\$ 27,81	R\$ 1,11
Total	Total				R\$ 3,22
88547	SINAPI	Unidade: UN.	CHAVE DE BOIA AUTOMÁTICA SUPERIOR 10A/250V - FORNECIMENTO E INSTALACAO		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
ORÇ LEROY	AUTOMATICO DE BOIA SUPERIOR / INFERIOR, *15* A / 250 V	UN.	1,0000	R\$ 29,99	R\$ 29,99
C.88247	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,0000	R\$ 22,07	R\$ 22,07
C.88264	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,0000	R\$ 28,50	R\$ 28,50
Total	Total				R\$ 80,56
83648	SINAPI	Unidade: UN.	BOMBA RECALQUE D'AGUA MONOFASICA 0,5 HP		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
ORÇ LEROY	BOMBA CENTRÍFUGA 0,5HP	UN.	1,0000	R\$ 599,90	R\$ 599,90
C.88243	AJUDANTE ESPECIALIZADO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	6,1000	R\$ 26,74	R\$ 163,11
C.88279	MONTADOR ELETROMECÂNICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	6,1000	R\$ 34,66	R\$ 211,43
Total	Total				R\$ 974,44
93653	SINAPI	Unidade: UN.	DISJUNTOR MONOPOLAR TIPO DIN, CORRENTE NOMINAL DE 10A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_04/2016		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total

I.1570	TERMINAL A COMPRESSAO EM COBRE ESTANHADO PARA CABO 2,5 MM2, 1 FURO E 1 COMPRESSAO, PARA PARAFUSO DE FIXACAO M5	UN.	1,0000	R\$ 0,61	R\$ 0,61
I.34653	DISJUNTOR TIPO DIN/IEC, MONOPOLAR DE 6 ATE 32A	UN.	1,0000	R\$ 8,45	R\$ 8,45
C.88247	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0350	R\$ 22,07	R\$ 0,77
C.88264	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0350	R\$ 28,50	R\$ 1,00
Total	Total				R\$ 10,83
91834	SINAPI	Unidade: M	ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO, PVC, DN 25 MM (3/4"), PARA CIRCUITOS TERMINAIS, INSTALADO EM FORRO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.2688	ELETRODUTO PVC FLEXIVEL CORRUGADO, COR AMARELA, DE 25 MM	M	1,1000	R\$ 1,55	R\$ 1,71
C.88247	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0700	R\$ 22,07	R\$ 1,54
C.88264	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0700	R\$ 28,50	R\$ 2,00
C.91170	FIXAÇÃO DE TUBOS HORIZONTAIS DE PVC, CPVC OU COBRE DIÂMETROS MENORES OU IGUAIS A 40 MM OU ELETROCALHAS ATÉ 150MM DE LARGURA, COM ABRAÇADEIRA METÁLICA RÍGIDA TIPO D 1/2", FIXADA EM PERFILADO EM LAJE. AF_05/2015	M	1,0000	R\$ 2,56	R\$ 2,56
Total	Total				R\$ 7,80
91854	SINAPI	Unidade: UN.	ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO, PVC, DN 25 MM (3/4"), PARA CIRCUITOS TERMINAIS, INSTALADO EM PAREDE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.2688	ELETRODUTO PVC FLEXIVEL CORRUGADO, COR AMARELA, DE 25 MM	M	1,0170	R\$ 1,55	R\$ 1,58
C.88247	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1440	R\$ 22,07	R\$ 3,18

C.88264	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1440	R\$ 28,50	R\$ 4,10
Total	Total				R\$ 8,86
91845	SINAPI	Unidade: UN.	ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO REFORÇADO, PVC, DN 25 MM (3/4"), PARA CIRCUITOS TERMINAIS, INSTALADO EM LAJE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.39244	ELETRODUTO PVC FLEXIVEL CORRUGADO, REFORCADO, COR LARANJA, DE 25 MM, PARA LAJES E PISOS	M	1,1000	R\$ 2,37	R\$ 2,61
I.43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,60 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0018	R\$ 13,98	R\$ 0,03
C.88247	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0870	R\$ 22,07	R\$ 1,92
C.88264	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0870	R\$ 28,50	R\$ 2,48
Total	Total				R\$ 7,03
91926	SINAPI	Unidade: UN.	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 2,5 MM ² , ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2015		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
I.1014	CABO DE COBRE, FLEXIVEL, CLASSE 4 OU 5, ISOLACAO EM PVC/A, ANTICHAMA BWF-B, 1 CONDUTOR, 450/750 V, SECAO NOMINAL 2,5 MM2	M	1,1900	R\$ 1,34	R\$ 1,59
I.21127	FITA ISOLANTE ADESIVA ANTICHAMA, USO ATE 750 V, EM ROLO DE 19 MM X 5 M	UN.	0,0090	R\$ 4,72	R\$ 0,04
C.88247	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0300	R\$ 22,07	R\$ 0,66
C.88264	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0300	R\$ 28,50	R\$ 0,86
Total	Total				R\$ 3,15
N/A	ORÇAMENTO DE EMPRESA PRIVADA	Unidade: UN.	Aluguel de caçamba de 5m ³ incluindo aluguel, transporte e destinação final do resíduo		
Código	Composição	Un.	Índice	Custo Unitário	Custo Total
N/A	Aluguel de caçamba de 5m ³ incluindo aluguel, transporte e destinação final do resíduo	UN.	1,0000	R\$ 515,00	R\$ 515,00
Total	Total				R\$ 515,00

Anexo C: Orçamentos externos

A seguir são apresentados os orçamentos buscados externamente com o objetivo de trazer valores mais próximos da realidade ao trabalho.

Kit com 10 Lâmpadas Fluorescente 3U Luz Branca 15W Kian 127V (110V)

★★★★★ (0) Cód. 90202070

Descrição
A lâmpada Fluorescente economiza até 80% de energia elétrica quando comparada às lâmpadas incandescentes. **O uso da luz branca é recomendado para cozinhas e escritórios, pois auxilia na concentração.**



R\$ 89,90 /cada
4x s/ juros no cartão Celebre!

vendido e entregue por Leroy Merlin

Estoque e Localização na Loja

Comprar
Entregamos para você

Comprar
Você retira na Loja

Figura 41: Orçamento das lâmpadas fluorescentes compactas de 15W do fabricante Kian
Fonte: Leroy Merlin (2020).

Kit com 10 Lâmpadas Fluorescente 3U Luz Branca 25W Kian 127V (110V)

★★★★★ (0) Cód. 90202112

Descrição
A lâmpada Fluorescente economiza até 80% de energia elétrica quando comparada às lâmpadas incandescentes. **O uso da luz branca é recomendado para cozinhas e escritórios, pois auxilia na concentração.**



R\$ 112,90 /cada
5x s/ juros no cartão Celebre!

vendido e entregue por Leroy Merlin

Estoque e Localização na Loja

Comprar
Entregamos para você

Comprar
Você retira na Loja

Figura 42: Orçamento das lâmpadas fluorescentes compactas de 25W do fabricante Kian
Fonte: Leroy Merlin (2020).

Lâmpada LED Bulbo Luz Branca 9W Kian Bivolt

★★★★☆ 4.2 (61) Cód. 89459251

Descrição
A lâmpada LED economiza até 90% de energia elétrica quando comparada às lâmpadas incandescentes. É um produto sustentável que pode ser reciclado, pois não possui mercúrio. **O uso da luz branca é recomendado para cozinhas e escritórios, pois auxilia na concentração.**



R\$ 9,79 /cada

vendido e entregue por Leroy Merlin

Estoque e Localização na Loja

Comprar
Entregamos para você

Comprar
Você retira na Loja

Figura 43: Orçamento das lâmpadas bulbo de LED de 9W do fabricante Kian
Fonte: Leroy Merlin (2020).

Lâmpada LED Bulbo Luz Branca 15W Kian Bivolt
★★★★☆ 4.1 (57) Cód. 89459272

Descrição
A lâmpada LED economiza até 90% de energia elétrica quando comparada às lâmpadas incandescentes. É um produto sustentável que pode ser reciclado, pois não possui mercúrio. **O uso da luz branca é recomendado para cozinhas e escritórios, pois auxilia na concentração.**



R\$ 15,90 /cada
~~R\$ 19,99 /cada~~ **-20%**

vendido e entregue por Leroy Merlin

Estoque e Localização na Loja

Comprar
Entregamos para você

Comprar
Você retira na Loja

Figura 44: Orçamento das lâmpadas bulbo de LED de 15W do fabricante Kian
Fonte: Leroy Merlin (2020).

Bomba de Água Centrífuga CP-4R 1/2CV Bivolt Dancor
★★★★★ 5.0 (1) Cód. 89848850

Descrição
As bombas CP-4R são produzidas em Nylon e todos os termoplásticos reforçados com fibra de vidro não contaminam o líquido bombeado e resistem a determinados produtos químico. Rotor - do tipo fechado, injetado em termoplástico de engenharia Noryl® reforçado com fibra de vidro. Construção interna com

[Ver Mais](#)



R\$ 599,90 /cada
10x s/ juros no cartão Celebre!

vendido e entregue por Leroy Merlin

Estoque e Localização na Loja

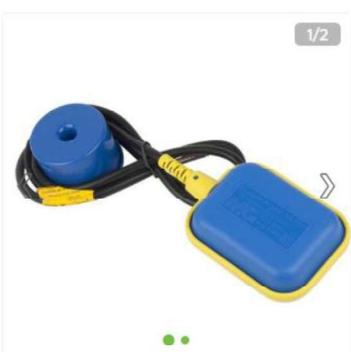
Comprar
Entregamos para você

Comprar
Você retira na Loja

Figura 45: Orçamento da bomba centrífuga monofásica de 0,5cv o fabricante Dancor
Fonte: Leroy Merlin (2020).

Chave Boia Elétrica Regulador De Nível 25a Cb-3012 Margirius Cabo 1,20m
★★★★★ (0) Cód. 1566776620
Exclusivo on-line

Descrição
Ideal para o controle automático do nível de líquidos através do comando de bombas e sistemas de alarmes./ Capacidade elétrica: 25A com carga resistiva em 250V- / Temperatura de operação: 0°C a 60°C./ Grau de Proteção: Ip X8./ Proteção contra choques elétricos: classe II/TI...



R\$ 29,99 /cada

vendido e entregue por Lcg Eletro

Leroy Merlin Garante
Garantimos todo o cuidado em selecionar as melhores ofertas para sua casa. [Saiba mais.](#)

Estoque e Localização na Loja

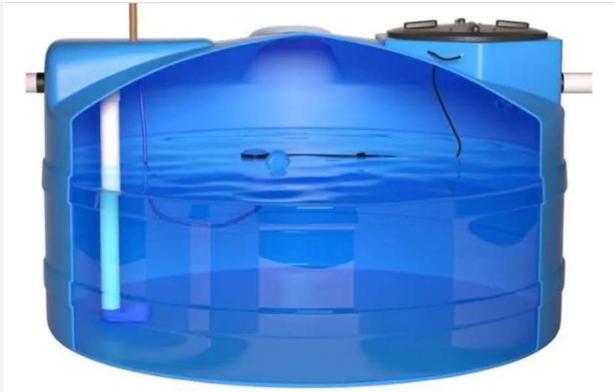
Comprar
Entregamos para você

Figura 46: Orçamento da chave boia elétrica do fabricante Margilius
Fonte: Leroy Merlin (2020).

Cisterna Água de Chuva Acqualimp 2800L Compartilhe:    

0 de 5      (0)

[Clique e veja!](#) Identificador: 2035805



Vendido e entregue por **H2O Solutions**
 por **4.950,00** à vista no cartão
 em até 12x de 412,50 sem juros [Ver Parcelas](#)

Qtd Comprar 

Calcular frete e prazo de entrega: Ok
Não sei meu CEP

Entrega
 Nenhuma cotação obtida para os dados enviados

Chat

Figura 47: Orçamento da cisterna de água da chuva 2800L do fabricante Acqualimp
 Fonte: Leroy Merlin (2020).

Macaré - RJ Compre pelo telefone (somente vendas): 4007-1380 (Capitais) - 0800-602-1380 (Demais regiões). Dúvidas? [Clique aqui](#)

  Meu Carrinho  Listas de Favoritos  Entrar Minha conta

Departamentos Tendências Ofertas Projetos Inspire-se Dicas Serviços Benefícios Lojas abertas

Home > Materiais de Construç... > Armazenamento, Capt... > Armazenamento Água... > Caixa d'água de Polietil... > Caixa d'água Polietile...

Caixa d'água Polietileno 1.000L Azul Fortlev

 4.6 (69) Cód. 89866630

Descrição
 Muito mais práticas e duráveis, as caixas d'água de polietileno Fortlev possuem superfícies internas lisas que facilitam a limpeza. Todas com exclusivo sistema de encaixe das tampas que dispensa parafusos e amarras na instalação e garante ainda mais vedação e conservação da água.

 **Compre pelo telefone**
 De segunda a sábado das 8h às 20h40, Domingo e feriados, das 9h às 16h.

4007-1380



Preço válido para o dia 05/08/2020 na região Rio de Janeiro em compras realizadas pelo Site ou Televidas. Para compras em nossas Lojas, verifique disponibilidade de estoque. O valor do frete não está incluso. Fotos meramente ilustrativas.

R\$ 272,90/cada

~~R\$ 289,90/cada~~ -5%

10x s/ juros no cartão Celebret!

[Formas de pagamento](#)

vendido e entregue por Leroy Merlin

Estoque e Localização na Loja 

Comprar

Entregamos para você 

Comprar

Você retira na Loja 

Figura 48: Orçamento da caixa d'água polietileno 1000L do fabricante Fortlev
 Fonte: Leroy Merlin (2020).

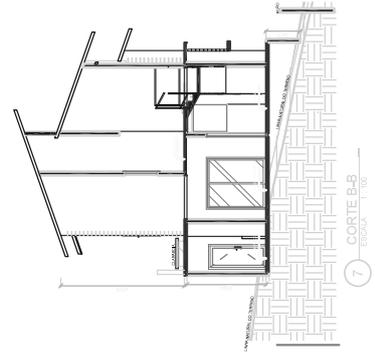
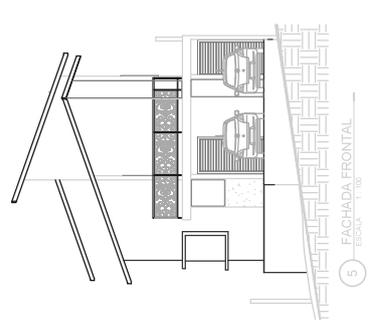
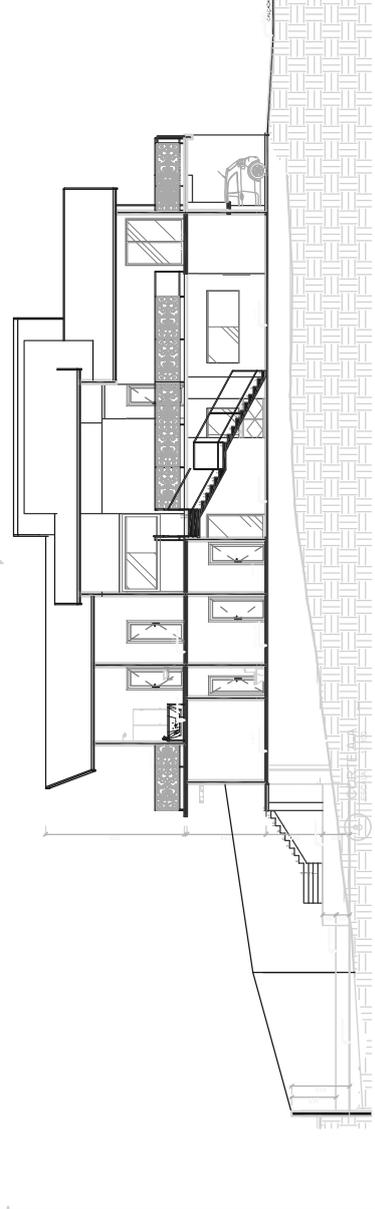
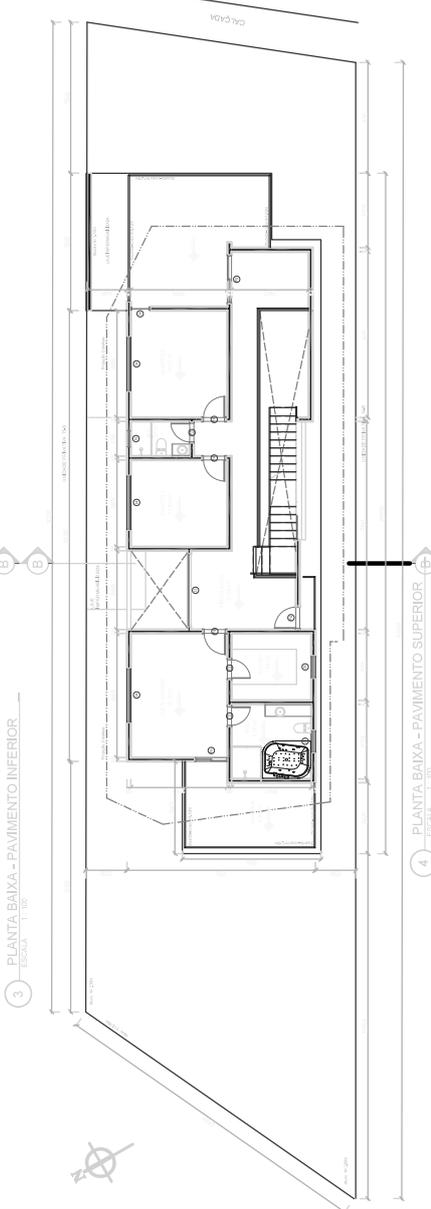
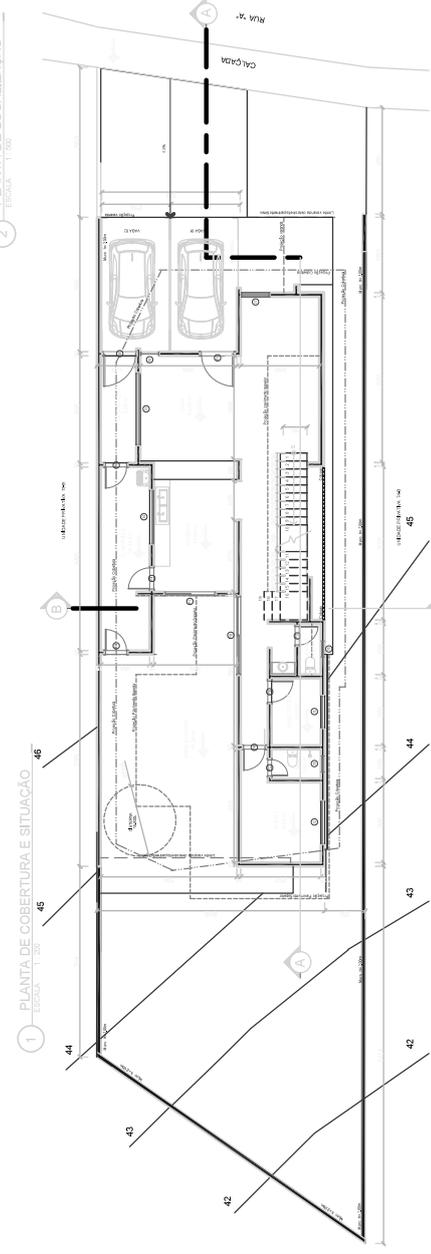
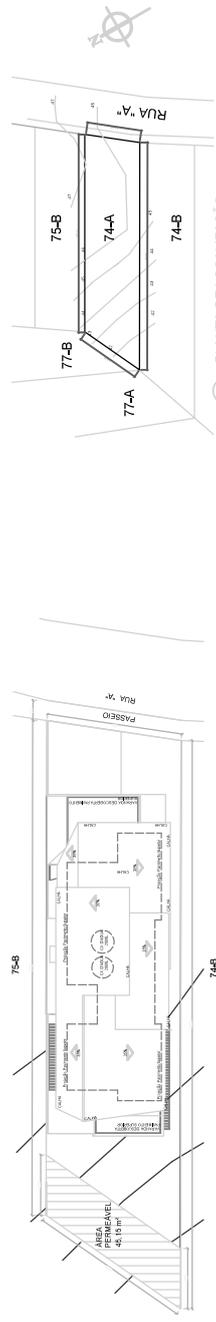


TABELA DE PORTAS

UNI. COD.	NOME	DIMENSÕES
2	P1 PORTA DE ENTRADA	120X240 cm
1	P2 PORTA DE MADEIRA	60X210 cm
1	P3 PORTA DE MADEIRA	70X210 cm
1	P4 PORTA DE MADEIRA	60X210 cm
1	P5 PORTA CORRER	180X220 cm
1	P6 PORTA CORRER	120X220 cm
1	P7 PORTA CORRER	180X220 cm
1	P8 PORTA CORRER	250X220 cm
20		

TABELA DE JANELAS

UNI. COD.	NOME	DIMENSÕES	PEITORIL
1	J1 JANELA	120X120cm	100
1	J2 JANELA	180X120cm	100
1	J3 JANELA	120X120cm	100
4	J4 JANELA	200X120cm	100
3	J5 BASCULANTE	60X40cm	170
2	J6 BASCULANTE	60X40cm	160
1	J7 JANELAS FIXA	100X120cm	144
1	J8 JANELAS FIXA	100X120cm	144
1	J9 JANELAS FIXA	20X40cm	0
16	J10 JANELAS FIXA	20X40cm	0

NOTAS GERAIS

- DIMENSÕES EM CENTÍMETROS E ELEVAÇÃO EM METROS, EXCETO ONDE FOR INDICADO.
- TODAS AS CORTES DEVEM SER CONFEITAS NO LOCAL.

Área Total do Terreno: 390,00 m²
 Área Construída - Pavimento Térreo: 184,00 m²
 Área Construída - Pavimento Superior: 106,00 m²
 Área Total Construída: 290,00 m²
 Área de Cobertura: 376 m²
 Coeficiente de Aproveitamento: 0,73
 Área Permeável: 46,15 m² / 11%
 Número de Parâmetros: 2

PROJETO ARQUITETÔNICO

EcoResidência

PROJETO LEGAL
ARQUITETURA

Endereço:
PROJETO PARA CONSTRUÇÃO DE UNIDADE RESIDENCIAL UNIFAMILIAR, SITUADO NA AVENIDA RECLUSÃO, VILA RECLUSÃO, JARDIM BOTANICAL, MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, ESTADO DE SÃO PAULO, Nº 744, CONDOMÍNIO RESIDENCIAL VILA DOS GIBRANES IV - SAURO MARQUES - JARDIM 744.

Proprietário:
José de Alencar Gomes do Nascimento

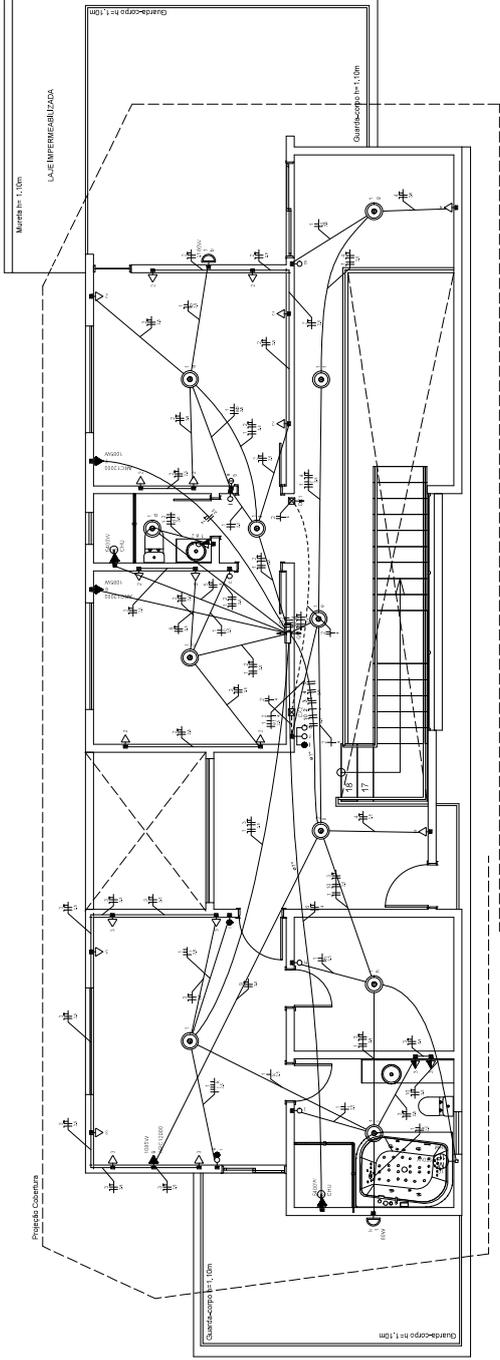
Autor do Projeto e Responsável Técnico:
Daniel Rodrigues Soares
Arquiteta e Urbanista
CRB-01/01

Cadastro Municipal: 01.7.230.0103.0001 Zona: ZR-03
 Data: 04/04/2019 Escala: INICIADA Folha: 01/01
 Desenhista: Daniel Andreoli

Quantidade	Descrição	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
1	1.000	1.000,00	1.000,00
2	2.000	2.000,00	4.000,00
3	3.000	3.000,00	9.000,00
4	4.000	4.000,00	16.000,00
5	5.000	5.000,00	25.000,00
6	6.000	6.000,00	36.000,00
7	7.000	7.000,00	49.000,00
8	8.000	8.000,00	64.000,00
9	9.000	9.000,00	81.000,00
10	10.000	10.000,00	100.000,00
11	11.000	11.000,00	121.000,00
12	12.000	12.000,00	144.000,00
13	13.000	13.000,00	169.000,00
14	14.000	14.000,00	196.000,00
15	15.000	15.000,00	225.000,00
16	16.000	16.000,00	256.000,00
17	17.000	17.000,00	289.000,00
18	18.000	18.000,00	324.000,00
19	19.000	19.000,00	361.000,00
20	20.000	20.000,00	400.000,00
21	21.000	21.000,00	441.000,00
22	22.000	22.000,00	484.000,00
23	23.000	23.000,00	529.000,00
24	24.000	24.000,00	576.000,00
25	25.000	25.000,00	625.000,00
26	26.000	26.000,00	676.000,00
27	27.000	27.000,00	729.000,00
28	28.000	28.000,00	784.000,00
29	29.000	29.000,00	841.000,00
30	30.000	30.000,00	900.000,00
31	31.000	31.000,00	961.000,00
32	32.000	32.000,00	1.024.000,00
33	33.000	33.000,00	1.089.000,00
34	34.000	34.000,00	1.156.000,00
35	35.000	35.000,00	1.225.000,00
36	36.000	36.000,00	1.296.000,00
37	37.000	37.000,00	1.369.000,00
38	38.000	38.000,00	1.444.000,00
39	39.000	39.000,00	1.521.000,00
40	40.000	40.000,00	1.600.000,00
41	41.000	41.000,00	1.681.000,00
42	42.000	42.000,00	1.764.000,00
43	43.000	43.000,00	1.849.000,00
44	44.000	44.000,00	1.936.000,00
45	45.000	45.000,00	2.025.000,00
46	46.000	46.000,00	2.116.000,00
47	47.000	47.000,00	2.209.000,00
48	48.000	48.000,00	2.304.000,00
49	49.000	49.000,00	2.401.000,00
50	50.000	50.000,00	2.500.000,00
51	51.000	51.000,00	2.601.000,00
52	52.000	52.000,00	2.704.000,00
53	53.000	53.000,00	2.809.000,00
54	54.000	54.000,00	2.916.000,00
55	55.000	55.000,00	3.025.000,00
56	56.000	56.000,00	3.136.000,00
57	57.000	57.000,00	3.249.000,00
58	58.000	58.000,00	3.364.000,00
59	59.000	59.000,00	3.481.000,00
60	60.000	60.000,00	3.600.000,00
61	61.000	61.000,00	3.721.000,00
62	62.000	62.000,00	3.844.000,00
63	63.000	63.000,00	3.969.000,00
64	64.000	64.000,00	4.096.000,00
65	65.000	65.000,00	4.225.000,00
66	66.000	66.000,00	4.356.000,00
67	67.000	67.000,00	4.489.000,00
68	68.000	68.000,00	4.624.000,00
69	69.000	69.000,00	4.761.000,00
70	70.000	70.000,00	4.900.000,00
71	71.000	71.000,00	5.041.000,00
72	72.000	72.000,00	5.184.000,00
73	73.000	73.000,00	5.329.000,00
74	74.000	74.000,00	5.476.000,00
75	75.000	75.000,00	5.625.000,00
76	76.000	76.000,00	5.776.000,00
77	77.000	77.000,00	5.929.000,00
78	78.000	78.000,00	6.084.000,00
79	79.000	79.000,00	6.241.000,00
80	80.000	80.000,00	6.400.000,00
81	81.000	81.000,00	6.561.000,00
82	82.000	82.000,00	6.724.000,00
83	83.000	83.000,00	6.889.000,00
84	84.000	84.000,00	7.056.000,00
85	85.000	85.000,00	7.225.000,00
86	86.000	86.000,00	7.396.000,00
87	87.000	87.000,00	7.569.000,00
88	88.000	88.000,00	7.744.000,00
89	89.000	89.000,00	7.921.000,00
90	90.000	90.000,00	8.100.000,00
91	91.000	91.000,00	8.281.000,00
92	92.000	92.000,00	8.464.000,00
93	93.000	93.000,00	8.649.000,00
94	94.000	94.000,00	8.836.000,00
95	95.000	95.000,00	9.025.000,00
96	96.000	96.000,00	9.216.000,00
97	97.000	97.000,00	9.409.000,00
98	98.000	98.000,00	9.604.000,00
99	99.000	99.000,00	9.801.000,00
100	100.000	100.000,00	10.000.000,00

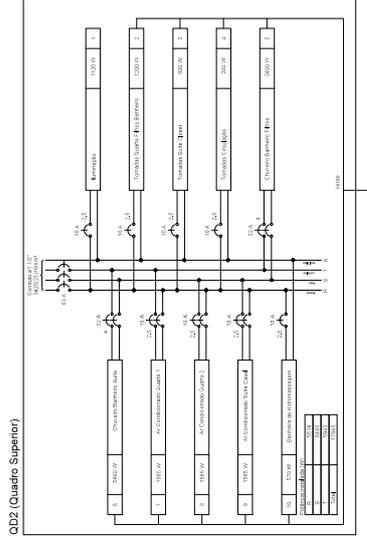
Quantidade	Descrição	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
1	1.000	1.000,00	1.000,00
2	2.000	2.000,00	4.000,00
3	3.000	3.000,00	9.000,00
4	4.000	4.000,00	16.000,00
5	5.000	5.000,00	25.000,00
6	6.000	6.000,00	36.000,00
7	7.000	7.000,00	49.000,00
8	8.000	8.000,00	64.000,00
9	9.000	9.000,00	81.000,00
10	10.000	10.000,00	100.000,00
11	11.000	11.000,00	121.000,00
12	12.000	12.000,00	144.000,00
13	13.000	13.000,00	169.000,00
14	14.000	14.000,00	196.000,00
15	15.000	15.000,00	225.000,00
16	16.000	16.000,00	256.000,00
17	17.000	17.000,00	289.000,00
18	18.000	18.000,00	324.000,00
19	19.000	19.000,00	361.000,00
20	20.000	20.000,00	400.000,00
21	21.000	21.000,00	441.000,00
22	22.000	22.000,00	484.000,00
23	23.000	23.000,00	529.000,00
24	24.000	24.000,00	576.000,00
25	25.000	25.000,00	625.000,00
26	26.000	26.000,00	676.000,00
27	27.000	27.000,00	729.000,00
28	28.000	28.000,00	784.000,00
29	29.000	29.000,00	841.000,00
30	30.000	30.000,00	900.000,00
31	31.000	31.000,00	961.000,00
32	32.000	32.000,00	1.024.000,00
33	33.000	33.000,00	1.089.000,00
34	34.000	34.000,00	1.156.000,00
35	35.000	35.000,00	1.225.000,00
36	36.000	36.000,00	1.296.000,00
37	37.000	37.000,00	1.369.000,00
38	38.000	38.000,00	1.444.000,00
39	39.000	39.000,00	1.521.000,00
40	40.000	40.000,00	1.600.000,00
41	41.000	41.000,00	1.681.000,00
42	42.000	42.000,00	1.764.000,00
43	43.000	43.000,00	1.849.000,00
44	44.000	44.000,00	1.936.000,00
45	45.000	45.000,00	2.025.000,00
46	46.000	46.000,00	2.116.000,00
47	47.000	47.000,00	2.209.000,00
48	48.000	48.000,00	2.304.000,00
49	49.000	49.000,00	2.401.000,00
50	50.000	50.000,00	2.500.000,00
51	51.000	51.000,00	2.601.000,00
52	52.000	52.000,00	2.704.000,00
53	53.000	53.000,00	2.809.000,00
54	54.000	54.000,00	2.916.000,00
55	55.000	55.000,00	3.025.000,00
56	56.000	56.000,00	3.136.000,00
57	57.000	57.000,00	3.249.000,00
58	58.000	58.000,00	3.364.000,00
59	59.000	59.000,00	3.481.000,00
60	60.000	60.000,00	3.600.000,00
61	61.000	61.000,00	3.721.000,00
62	62.000	62.000,00	3.844.000,00
63	63.000	63.000,00	3.969.000,00
64	64.000	64.000,00	4.096.000,00
65	65.000	65.000,00	4.225.000,00
66	66.000	66.000,00	4.356.000,00
67	67.000	67.000,00	4.489.000,00
68	68.000	68.000,00	4.624.000,00
69	69.000	69.000,00	4.761.000,00
70	70.000	70.000,00	4.900.000,00
71	71.000	71.000,00	5.041.000,00
72	72.000	72.000,00	5.184.000,00
73	73.000	73.000,00	5.329.000,00
74	74.000	74.000,00	5.476.000,00
75	75.000	75.000,00	5.625.000,00
76	76.000	76.000,00	5.776.000,00
77	77.000	77.000,00	5.929.000,00
78	78.000	78.000,00	6.084.000,00
79	79.000	79.000,00	6.241.000,00
80	80.000	80.000,00	6.400.000,00
81	81.000	81.000,00	6.561.000,00
82	82.000	82.000,00	6.724.000,00
83	83.000	83.000,00	6.889.000,00
84	84.000	84.000,00	7.056.000,00
85	85.000	85.000,00	7.225.000,00
86	86.000	86.000,00	7.396.000,00
87	87.000	87.000,00	7.569.000,00
88	88.000	88.000,00	7.744.000,00
89	89.000	89.000,00	7.921.000,00
90	90.000	90.000,00	8.100.000,00
91	91.000	91.000,00	8.281.000,00
92	92.000	92.000,00	8.464.000,00
93	93.000	93.000,00	8.649.000,00
94	94.000	94.000,00	8.836.000,00
95	95.000	95.000,00	9.025.000,00
96	96.000	96.000,00	9.216.000,00
97	97.000	97.000,00	9.409.000,00
98	98.000	98.000,00	9.604.000,00
99	99.000	99.000,00	9.801.000,00
100	100.000	100.000,00	10.000.000,00

Quantidade	Descrição	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
1	1.000	1.000,00	1.000,00
2	2.000	2.000,00	4.000,00
3	3.000	3.000,00	9.000,00
4	4.000	4.000,00	16.000,00
5	5.000	5.000,00	25.000,00
6	6.00		



Assessoria de Materiais	Lista de Materiais	
Canais PVC		37,85
4x25		
Canais PVC (30x30)		3,4 m
16 mm ²	ref. Fimaco Eletrodos BWV (Fluxo)	742,86 m
25 mm ²		13,8 m
		102,08 m
Caixa de passagem - embudo		2,85
120x120x65 mm		
DISJUNTORES - automotores		
1500V - 20A		1,95
Interruptor 2 simples & paralelo - 3 teclas		1,95
Interruptor paralelo - 1 tecla		1,95
Interruptor simples & paralelo - 2 teclas		1,95
Interruptor simples - 1 tecla		1,95
Interruptor simples - 2 teclas		2,95
Placa 2 furos		1,95
Placa 3 furos		1,95
Placa 4 furos		1,95
Placa 5 furos		1,95
Placa 6 furos		1,95
Placa 7 furos		1,95
Placa 8 furos		1,95
Placa 9 furos		1,95
Placa 10 furos		1,95
Placa 11 furos		1,95
Placa 12 furos		1,95
Placa 13 furos		1,95
Placa 14 furos		1,95
Placa 15 furos		1,95
Placa 16 furos		1,95
Placa 17 furos		1,95
Placa 18 furos		1,95
Placa 19 furos		1,95
Placa 20 furos		1,95
Placa 21 furos		1,95
Placa 22 furos		1,95
Placa 23 furos		1,95
Placa 24 furos		1,95
Placa 25 furos		1,95
Placa 26 furos		1,95
Placa 27 furos		1,95
Placa 28 furos		1,95
Placa 29 furos		1,95
Placa 30 furos		1,95
Placa 31 furos		1,95
Placa 32 furos		1,95
Placa 33 furos		1,95
Placa 34 furos		1,95
Placa 35 furos		1,95
Placa 36 furos		1,95
Placa 37 furos		1,95
Placa 38 furos		1,95
Placa 39 furos		1,95
Placa 40 furos		1,95
Placa 41 furos		1,95
Placa 42 furos		1,95
Placa 43 furos		1,95
Placa 44 furos		1,95
Placa 45 furos		1,95
Placa 46 furos		1,95
Placa 47 furos		1,95
Placa 48 furos		1,95
Placa 49 furos		1,95
Placa 50 furos		1,95
Placa 51 furos		1,95
Placa 52 furos		1,95
Placa 53 furos		1,95
Placa 54 furos		1,95
Placa 55 furos		1,95
Placa 56 furos		1,95
Placa 57 furos		1,95
Placa 58 furos		1,95
Placa 59 furos		1,95
Placa 60 furos		1,95
Placa 61 furos		1,95
Placa 62 furos		1,95
Placa 63 furos		1,95
Placa 64 furos		1,95
Placa 65 furos		1,95
Placa 66 furos		1,95
Placa 67 furos		1,95
Placa 68 furos		1,95
Placa 69 furos		1,95
Placa 70 furos		1,95
Placa 71 furos		1,95
Placa 72 furos		1,95
Placa 73 furos		1,95
Placa 74 furos		1,95
Placa 75 furos		1,95
Placa 76 furos		1,95
Placa 77 furos		1,95
Placa 78 furos		1,95
Placa 79 furos		1,95
Placa 80 furos		1,95
Placa 81 furos		1,95
Placa 82 furos		1,95
Placa 83 furos		1,95
Placa 84 furos		1,95
Placa 85 furos		1,95
Placa 86 furos		1,95
Placa 87 furos		1,95
Placa 88 furos		1,95
Placa 89 furos		1,95
Placa 90 furos		1,95
Placa 91 furos		1,95
Placa 92 furos		1,95
Placa 93 furos		1,95
Placa 94 furos		1,95
Placa 95 furos		1,95
Placa 96 furos		1,95
Placa 97 furos		1,95
Placa 98 furos		1,95
Placa 99 furos		1,95
Placa 100 furos		1,95

Circuito	Descrição	Esquema	Método de int.	Tensão (V)	Pot. total (VA)	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FCA	Ip (A)	Spqda (mm ²)	Status										
1	Iluminação	F+N	BI	127 V	1133	1133	1133	1133	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
2	Formas Quarto Filhos Banheiro	F+N+T	BI	127 V	1333	1333	1333	1333	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
3	Cozinha Sala Banheiro	F+N+T	BI	127 V	2222	2222	2222	2222	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
4	Cozinha Sala Banheiro	F+N+T	BI	127 V	2222	2222	2222	2222	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
5	Chuveiro Banheiro Filhos	F+N+T	BI	250 V	5884	5400	5400	5400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
6	Chuveiro Banheiro Suite	F+N+T	BI	250 V	1095	1095	1095	1095	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
7	Ar Condicionado Quarto 1	F+N+T	BI	250 V	1095	1095	1095	1095	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
8	Ar Condicionado Quarto 2	F+N+T	BI	250 V	1095	1095	1095	1095	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
9	Ar Condicionado Sala Casal	F+N+T	BI	250 V	1095	1095	1095	1095	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
10	Banheira de Hidromassagem	F+N+T	BI	127 V	1189	570	570	570	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	OK
TOTAL					19789	17945	18465	18465														



Quadro de Demanda (QD2)			
Tipo de carga	Potência (kW)	Fator de Potência (%)	Demanda (kW)
Iluminação e TUDO's (Chaves e apartamentos)	5,256	95,00	2,70
Ar Condicionado	18,14	100,00	18,14
TOTAL			18,23

PROJETO DE INSTALAÇÕES

RESIDÊNCIA ALENCAR

PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL

Escala: indicada
 Desenho: Bill
 Revisão: 0
 Data: 30/09/2019
 Unidade: cm

BM Engenharia
 R. Afonso Resende de Sá, 52 - Jd. São João
 Centro de Arara - RJ - CEP: 23120-000
 Telefone: (21) 2411-1111
 E-mail: contato@bmeng.com.br

01
 02/02