unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

CAUÊ MORGADO VIEIRA

Implantação de um condomínio visando à sustentabilidade

Guaratinguetá - SP
2017

Cauê Morgado Vieira

Implantação de um condomínio visando à sustentabilidade

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

Guaratinguetá - SP
2017

V657i

Vieira, Caue Morgado
Implantação de um condomínio usando à sustentabilidade / Caue Morgado Vieira – Guaratinguetá, 2017.
41 f. : il.

Bibliografia: f. 39-41

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.

Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

1. Sustentabilidade. 2. Arquitetura sustentável. 3. Energia solar. 4. Construção civil. I. Título

CDU 728

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

CAUÊ MORGADO VIEIRA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"**

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO

Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. JOÃO UBIRATAN DE LIMA E SILVA
Orientador/UNESP-FEG

Prof. Dr. PAULO VALLADARES SOARES
UNESP-FEG

Eng. HELBER TAKAO MIYATA
Membro Externo

Julho de 2017

Dedico este trabalho, de modo especial, à minha família e amigos que sempre me incentivaram e me deram força nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pois sem ele nada seria possível. Agradeço aos amigos feitos na faculdade, aos amigos de infância e, principalmente, aos amigos da República Ponto G, que dividiram comigo milhares de experiências, ensinamentos e momentos que me ajudaram a chegar ao fim de mais uma etapa de minha vida.

Aos meus familiares, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos e me fizeram acreditar em mim mesmo.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva* que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

Às funcionárias da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar,

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campos de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin

RESUMO

Este trabalho de graduação aborda a sustentabilidade, um tema que está em foco em todas as áreas socioeconômicas e, principalmente, na construção civil. Foi criado um projeto de um condomínio residencial de classe média/alta na região de Cotia – SP, próximo à rodovia Raposo Tavares. Foram estudadas diversas técnicas sustentáveis aplicáveis a uma edificação com o objetivo de criar residências que diminuíssem a agressão ao meio ambiente, aproveitando ao máximo os recursos naturais e produzindo o mínimo possível de resíduos. Os sistemas implantados foram: sistema de captação e reaproveitamento de água pluvial, sistema de tratamento e reuso de esgoto residencial, sistema de aquecimento de água por placas solares e sistema de geração de energia elétrica a partir de placas fotovoltaicas. A análise dos prós e contras de cada sistema no âmbito ambiental e econômico mostrou que todas as técnicas são viáveis e vantajosas nas duas áreas de estudo. O período médio de retorno de investimento para a implantação dos sistemas é de 4 anos e todos oferecem redução dos impactos e resíduos humanos no meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade. Sistema de captação e reuso de águas pluviais. Aquecedor solar de água. Sistema compacto de tratamento de esgoto. Sistema de energia fotovoltaica.

ABSTRACT

This undergraduate final project is about sustainability, a subject that is in evidence in all socioeconomic areas and, especially, on civil construction. A residential condominium project was designed in a suburb area in Cotia – SP, a city nearby São Paulo City. Many sustainable techniques that could be applied to a building construction were studied with the purpose of designing houses that could produce the less waste as possible and almost don't cause environmental damages. The systems implemented were: rainwater harvesting system, compact sewage treatment plant reuse system, solar water heating system for houses and solar photovoltaic power system. The analysis of the pros and cons of each system, in both environmental and economic area, revealed that all of them are feasible and helpful for both areas. The average payback period of the investments are 4 years and all techniques provide environmental benefits.

KEYWORDS: Sustainability. Rainwater harvesting system. Compact sewage treatment plant reuse system. Solar water heating system. Solar photovoltaic power system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização do terreno escolhido para estudo 13
Figura 2 – Foto do terreno em estudo 13
Figura 3 – Implantação do condomínio 14
Figura 4 – Planta baixa do pavimento térreo 15
Figura 5 – Planta baixa do pavimento superior 16
Figura 6 – Sistema residencial de captação e reuso de água pluvial 17
Figura 7 – Divisão do consumo de água nas residências. 18
Figura 8 – Esquema de trocas de energia na placa solar 20
Figura 9 – Ilustração do sistema de circulação natural de aquecimento solar 21
Figura 10 – Etapas e disposição do sistema compacto de tratamento de efluentes residenciais 23
Figura 11 – Sistema isolado (Off-grid) 26
Figura 12 – Sistema conectado à rede (On-grid) 26
Figura 13 – Vista do telhado da residência (área de captação de águas pluviais) 28
Figura 14 – Local e posicionamento dos painéis solares 31
Figura 15 – Distribuição do consumo de eletricidade em uma residência 32
Figura 16 – Tarifas da AES Eletropaulo referentes ao grupo B1 - Residencial 32
Figura 17 – Tabela de contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e de ocupantes 34
Figura 18 – Comparativo de período de retorno entre os sistemas 38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa de consumo de água por tipo de edifício 19
Tabela 2 – Média histórica pluviométrica em Cotia - SP 28
Tabela 3 – Tarifas de água e esgoto para residências normais 29
Tabela 4 – Radiação média mensal no município de São Paulo 35
Tabela 5 – Comparativo de custo, economia e período de retorno dos sistemas 37

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	11
2	**OBJETIVO**	12
3	**METODOLOGIA**	12
4	**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**	16
4.1	SISTEMA DE CAPTAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS	16
4.2	AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA	20
4.3	SISTEMA COMPACTO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	22
4.4	SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	24
5	**DISCUSSÃO E RESULTADOS**	27
5.1	ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS	27
5.2	ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA	30
5.3	ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA COMPACTO DE TRATAMENTO DE ESGOTO RESIDENCIAL	32
5.4	ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	34
6	**CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**	36
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Desde o final do século XX, as discussões ambientais se intensificaram e se engrandeceram ao redor do planeta todo. Políticas ambientais se tornaram protagonistas dentro da ordem mundial, sendo indispensáveis no planejamento de um mundo sustentável e saudável para as futuras gerações. A construção civil é uma das áreas que mais contribuem para a produção de resíduos e poluição do meio ambiente, por isso o estudo e desenvolvimento de técnicas que visam a ampliação do uso sustentável dos recursos naturais se tornam cada vez maiores nesse ramo.

De acordo com SIMIONI (2006) decorrente do crescimento populacional, urbanização e industrialização, o impacto do homem no meio ambiente aumentou significantemente desde o século passado, levando à absurda deterioração do planeta e recursos naturais. Isso acarretou em previsões desastrosas para um futuro próximo do planeta, colocando em foco a necessidade por ações que protejam e recuperem nossos ecossistemas.

Este trabalho não se trata da construção sustentável em si, mas sim da funcionalidade sustentável de um complexo residencial. Foram estudadas técnicas que visam minimizar a produção de resíduos e maximizar o uso inteligente dos recursos naturais em uma residência. Os sistemas que serão tratados nesse trabalho são: sistema de reuso de águas pluviais, sistema de tratamento e reuso de efluentes domésticos, sistema de aquecimento de água por energia solar e o sistema de produção de energia elétrica através de placas fotovoltaicas.

Na questão do desperdício e poluição da água potável, a captação, tratamento e reuso de águas para fins não potáveis é a grande saída. Existem duas formas de se conservar a água que ganham destaque, uma delas é aproveitar águas das chuvas e a outra é tratar e reutilizar a água proveniente dos esgotos domésticos. Essas alternativas são amplamente utilizadas em países que reconhecem a água como um recurso potencialmente escasso, tais como Alemanha, Japão e Estados Unidos (MAY, 2009). Desta forma, as residências do projeto em questão serão equipadas com esses sistemas de captação, tratamento e reuso de águas pluviais e provenientes do esgoto doméstico.

Obtenção de energia é outro ponto de grande discussão quando o assunto é sustentabilidade e meio ambiente. Segundo PACHECO (2006) energias renováveis são originadas da radiação solar, considerada a fonte primaria de toda energia existente na Terra, sendo de certa forma, consideradas inesgotáveis e com impacto mínimo sobre o meio ambiente. A energia solar é o carro chefe das energias renováveis e, por isso, é a fonte de energia que será implantada nas residências do condomínio em estudo.

Além da parte técnica e funcional de cada sistema sustentável implantado nas residências, o estudo de viabilidade econômica e ambiental de cada um também será desenvolvido no projeto. Assim, com a análise dos prós e contras de cada técnica implantada e seus respectivos custos e benefícios, serão determinadas suas viabilidades de implantação.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho de graduação é a criação de um condomínio de classe média/alta na cidade de Cotia – SP implantado com técnicas sustentáveis, tais como reuso de águas provenientes da chuva e do esgoto sanitário e utilização de fontes alternativas de energia elétrica, no caso, a energia solar. O intuito do trabalho é avaliar os prós e contras de cada sistema implantado no âmbito econômico e ambiental, analisando assim a viabilidade de instalação de cada um.

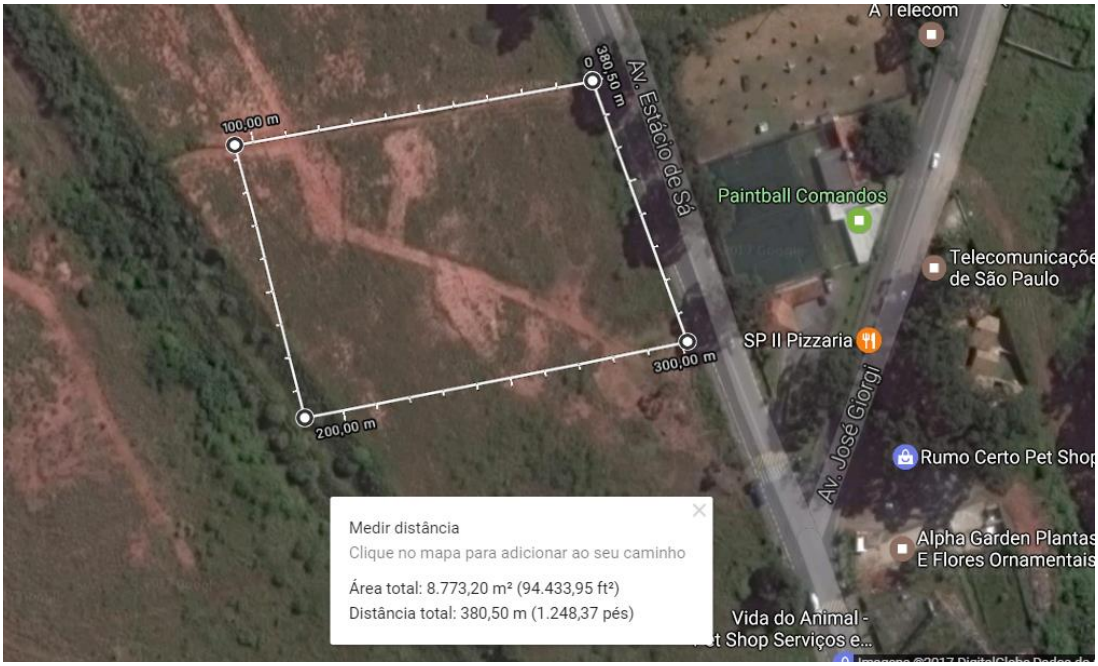
3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto, muitas áreas foram estudadas nas regiões de São Paulo e Cotia. Dentre todas as possibilidades, a que se mostrou mais interessante para a implantação do condomínio foi o terreno situado na Avenida Estácio de Sá, na altura do número 1360, na cidade de Cotia – SP. A região é compatível com a proposta do projeto, por ser um bairro composto por residências de médio e alto padrão e possuir fácil acesso.

A localidade escolhida para a implantação do condomínio impacta diretamente no desenvolvimento do projeto, levando em consideração a variação de índices pluviométricos e de radiação solar de região para região.

A área do terreno destinado ao condomínio é de, aproximadamente, 8.773,20 m². O local se destaca por estar localizado em uma região de fácil acesso, estando localizado somente a 9km da rodovia Raposo Tavares. Outro ponto de destaque é ser um bairro residencial em crescimento, tornando o empreendimento interessante no âmbito econômico. A Figura 1 e a Figura 2 a seguir mostram a localização do terreno, mostrando a região em que ele se encontra.

Figura 1 - Localização do terreno escolhido



Fonte: (GOOGLE MAPS, 2017)

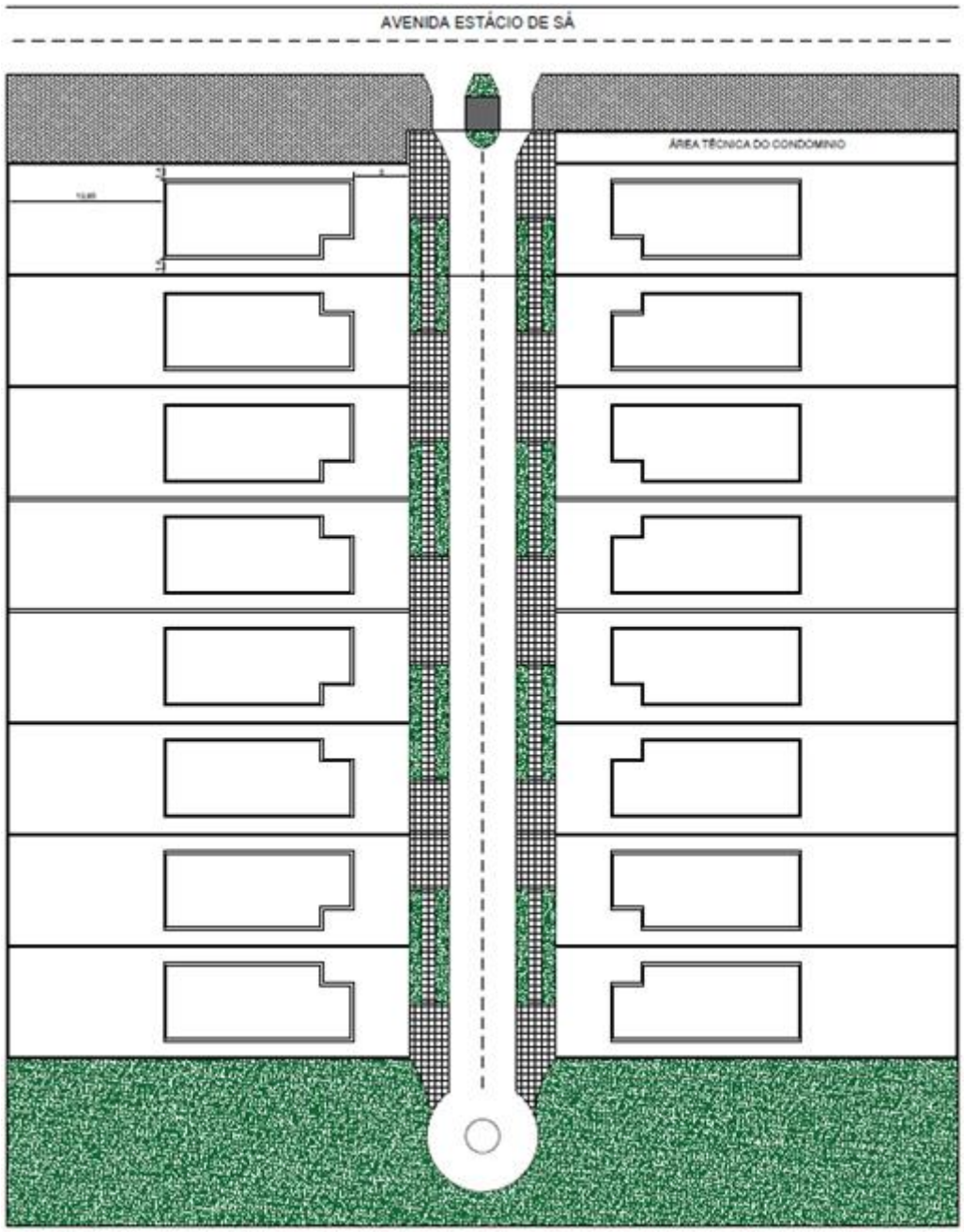
Figura 2 - Vista Frontal do terreno escolhido

Fonte: Autoria própria, 2017

Após o estudo da área do terreno escolhido, foi criado um condomínio de rua única composto por 16 lotes de 360 m² (10 x 36 metros). Além dos 16 lotes, o condomínio será composto por uma portaria, área de lazer com playground, quadra poliesportiva e bosque, área técnica (depósito de lixo e entrada de energia, por exemplo) e vagas para visitantes, sendo 13

vagas comuns (2,5 x 5,5 metros) e 1 vaga para pessoas com necessidades especiais (3,5 x 5,5 metros). A Figura 3 ilustra a implantação do condomínio, mostrando todas as áreas citadas acima.

Figura 3 – Implantação do condomínio



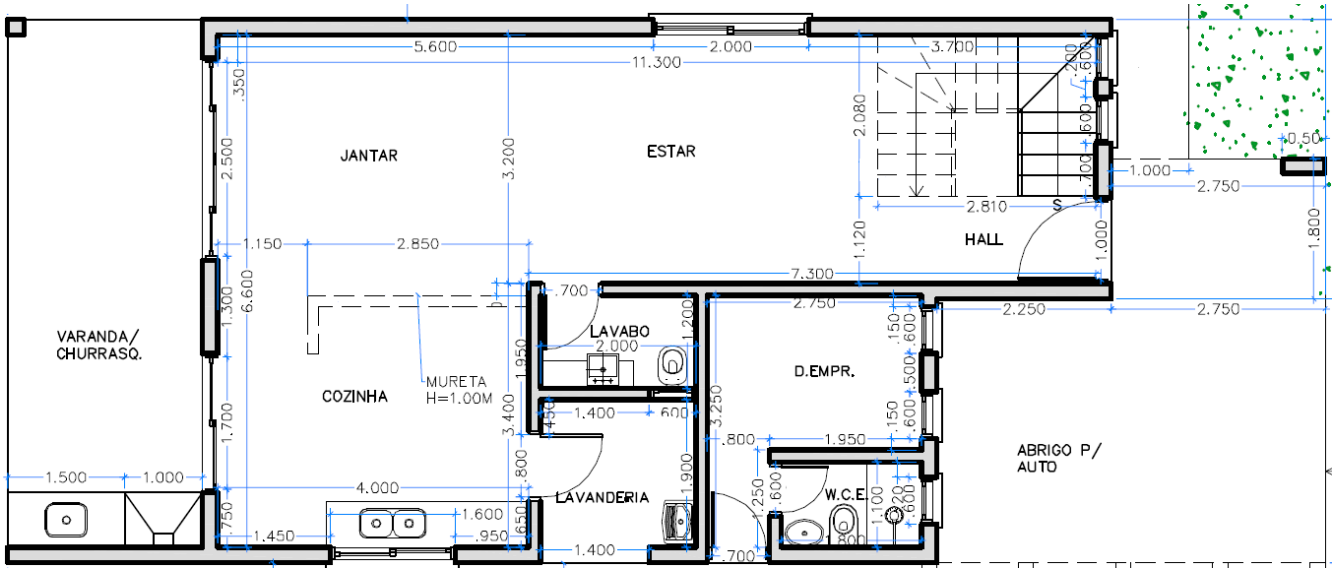
Fonte: Autoria própria, 2017

Como já foi dito, os lotes do empreendimento serão todos iguais, com 360 m² cada. Sendo o objetivo do projeto implantar técnicas sustentáveis ao condomínio, foi escolhido um

padrão único de residência a ser executado. Desta forma, todas as casas serão compostas dos mesmos sistemas que visam a sustentabilidade e, assim, o estudo de viabilidade econômica do projeto poderá ser feito com mais eficácia.

Todas as residências terão dois pavimentos. O pavimento térreo terá 108,75 m² de área construída, compostos por uma sala de estar, uma sala de jantar, uma cozinha, um lavabo, uma lavanderia, um dormitório e um banheiro de empregada, uma varanda gourmet e vaga coberta para um carro. Já o pavimento superior será composto por uma sala de TV, uma suíte, dois dormitórios, um banheiro e uma varanda, totalizando 85,86 m². A área total, somando-se pavimento térreo e pavimento superior, será de 199,58m². A Figura 4 a seguir mostra o layout do pavimento térreo, com dimensões e disposições dos cômodos citados acima.

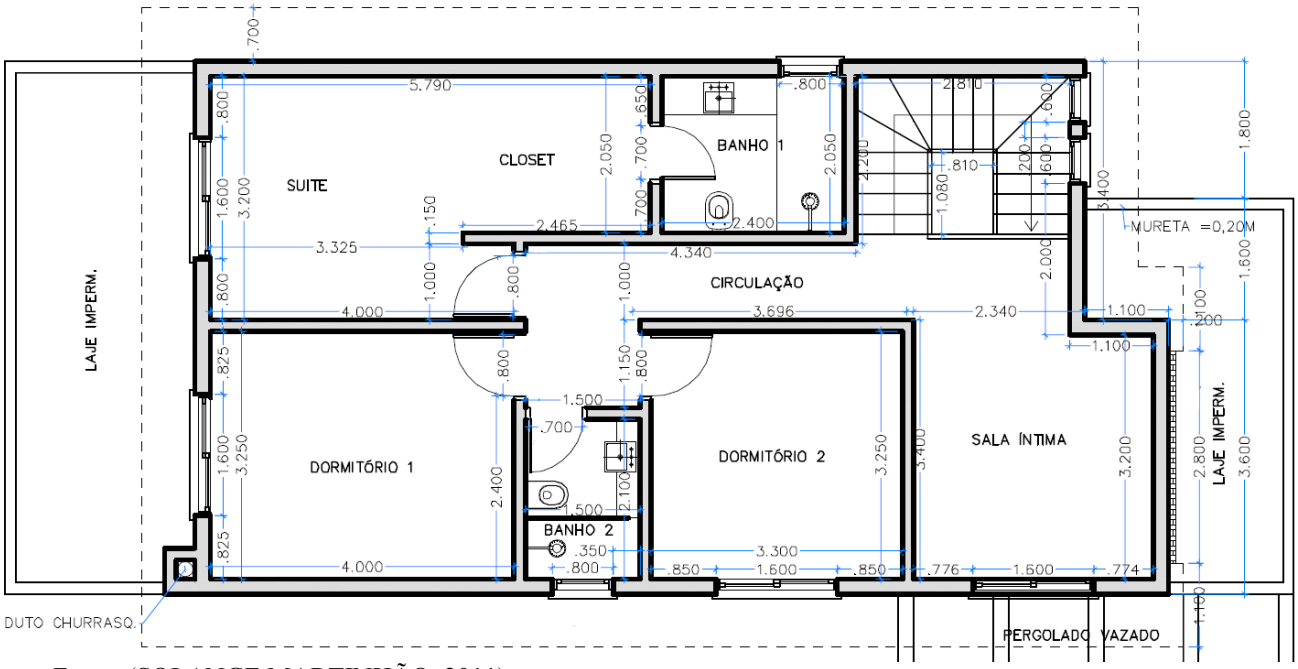
Figura 4 – Planta baixa do pavimento térreo



Fonte: (SOLANGE MARTINHÃO, 2011)

A Figura 5 a seguir mostra a disposição do pavimento superior, com dimensões e disposições dos cômodos citados acima. Nesse pavimento, se concentram os dormitórios e sala de televisão superior, sendo que esse último ambiente citado pode ser transformado em dormitorio de visita.

Figura 5 – Planta baixa do pavimento superior



Fonte: (SOLANGE MARTINHÃO, 2011)

Após o desenvolvimento do projeto do condomínio e da residência padrão, serão desenvolvidos os projetos de implementação das técnicas sustentáveis escolhidas para esse tipo de habitação. Tendo em mãos os projetos do condomínio e dos sistemas sustentáveis em questão, será desenvolvido o estudo de viabilidade econômica de cada um, levando em consideração o capital investido e o tempo de retorno de cada investimento.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 SISTEMA DE CAPTAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Em meio ao atual cenário global de escassez de água potável, o gerenciamento eficaz desse recurso e o estudo de novas formas de se obter água vem se tornando cada vez mais importante. Desta forma, o sistema de captação e reuso das águas pluviais se mostra uma das alternativas mais simples, eficazes e economicamente interessantes de obtenção e suprimento de água (FERREIRA, 2005).

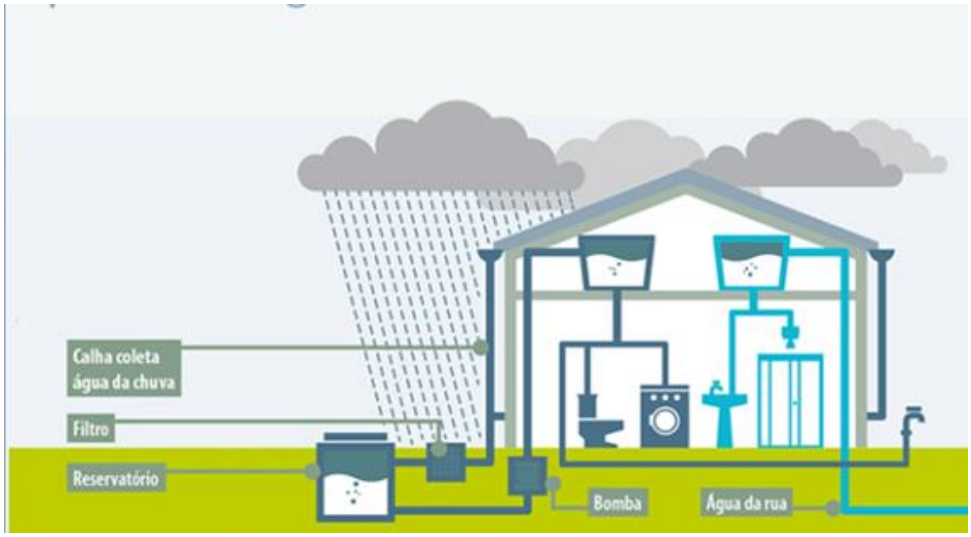
O reuso da água da chuva se encaixa perfeitamente nos princípios da construção sustentável, gerando economia no uso de água potável disponibilizada pela rede pública de abastecimento e tendo um impacto ambiental praticamente nulo aos recursos hídricos (SCHERER & FENDRICH, 2004).

Segundo Plínio Tomaz (2009), o sistema de captação de água pluvial é composto por:

- Área de captação: geralmente são os telhados das casas;
- Calhas e condutores: coletores que transportam a água até o reservatório;
- Filtros: filtros destinados a eliminar impurezas da água captada;
- Cisterna: reservatório no qual a água será estocada, instalada preferencialmente enterrada para aproveitar a proteção do solo, se mantendo livre da luz e do calor evitando a proliferação de microrganismos;
- Extravasor (ladrão): tubulação destinada a impedir o transbordamento da cisterna, dotado de um dispositivo que impeça a entrada de animais e insetos.

O processo de captação e reuso da água da chuva é bem simples. Toda a água que cai na área do telhado da residência é direcionada às calhas que, através de tubulações, direcionam a água para o reservatório (cisterna), passando antes por filtros que retiram impurezas como folhas, galhos, entre outros. Já a reutilização é feita através do bombeamento da água estocada para os locais de reuso. A Figura 6 mostra o esquema estrutural de um sistema de reuso de águas pluviais.

Figura 6 – Sistema residencial de captação e reuso de água pluvial



Fonte: (SUSTENTARQUI, 2017)

Como já foi dito anteriormente, a implantação desse sistema traz muitas vantagens para o meio ambiente e para o usuário, principalmente pela otimização do uso de água potável. Porém, como todo processo, o sistema também possui desvantagens. De acordo com CAMPOS (2004), as vantagens e desvantagens do sistema de reuso de água pluvial são:

Vantagens:

- Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo);

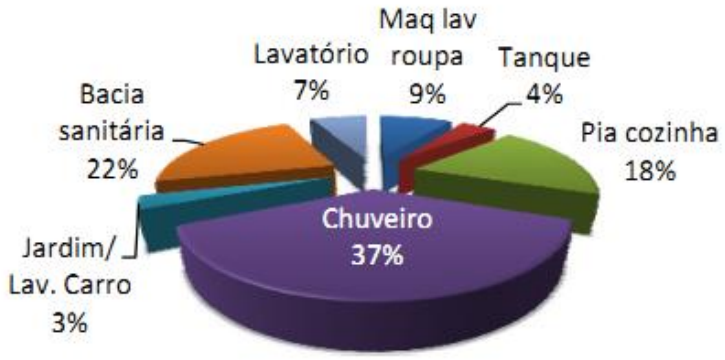
- Redução do consumo de água potável fornecida pela rede pública;
- Fácil manutenção;
- Baixos custos de operação e manutenção;
- Qualidade boa da água, principalmente quando a captação é feita pelo telhado;
- Construção simples;
- Ajuda a prevenir enchentes, retendo provisoriamente parte da água que escoaria para vias, rios e galerias.

Desvantagens:

- O suprimento é limitado. A funcionalidade do sistema depende do volume de precipitação da área, se não chover o sistema não é abastecido e consequentemente não funciona;
- Não atrativo a políticas públicas.

Dentre todas as atividades que requerem o uso de água nas residências, na descarga de vasos sanitários, na irrigação de jardim, na lavagem de roupas, de calçadas, de autos, entre outras, a água potável não é essencial e pode ser substituída pela água pluvial (SILVA, 2015).

Figura 7 – Divisão do consumo de água nas residências brasileiras



Fonte: (HAFNER, 2017)

Levando em consideração a Figura 7 e o que foi dito acima, concluímos que aproximadamente 40% da água utilizada em uma residência pode ser substituída por água de reuso.

Para o estudo da viabilidade econômica da implantação do sistema de reutilização de água pluvial é necessário o cálculo do consumo médio diário de água em cada residência. De acordo com a NBR 5626 (NB - 92), para estimar a população em uma residência adota-se a seguinte linha de cálculo, duas pessoas por dormitório social mais uma pessoa por dormitório de serviço. Como cada residência do condomínio possui 3 dormitórios sociais, o número total de habitantes será de 6 pessoas por casa (buscando um cenário mais conservador, não foi contabilizado o dormitório de serviço nos cálculos).

A mesma NBR 5626 (NB – 92) estabelece os seguintes padrões, mostrados na Tabela 1, serem seguidos para a estimativa de consumo diário de água per capta:

Tabela 1 – Estimativa de consumo de água por tipo de edificação

Uso do Edifício	**Consumo Específico (litros/dia)**
Alojamentos Provisórios	80 / hab
Casas Populares ou rurais	120 / hab
Residências	**150 / hab**
Apartamentos	200 / hab
Hotéis (s/cozinha e lavanderia)	120 / hóspede
Hospitais	250 / leito
Escolas – internato	150 / hab
Escolas – externato	50 / hab
Quartéis	150 / hab
Edifícios Públicos ou Comerciais	50 / hab
Escritórios	50 / hab
Cinemas e Teatros	2 / lugar
Templos	2 / lugar
Restaurantes e Similares	258 / refeição
Garagens	50 / auto
Lavanderias	30 / Kg roupa seca
Mercados	5 / m^2
Matadouros – animais de grande porte	300 / cabeça abatida
Matadouros – animais de pequeno porte	150 / cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 / operário
Posto de Serviço para automóveis	150 / vaga
Cavalariças	100 / cavalo
Jardins	1,5 / m^2

Fonte: (NBR 5626 (NB – 92), 1998)

De acordo coma Tabela 1, o consumo médio para uma residência é de 150 L/Hab. Assim, o consumo diário de cada unidade será de 900 litros (6 habitantes x 150 litros).

Para futuros cálculos, é importante saber o volume de consumo mensal de cada residência. Considerando um mês de 30 dias, o consumo mensal por unidade será de 27.000 litros (30 dias x 900 litros).

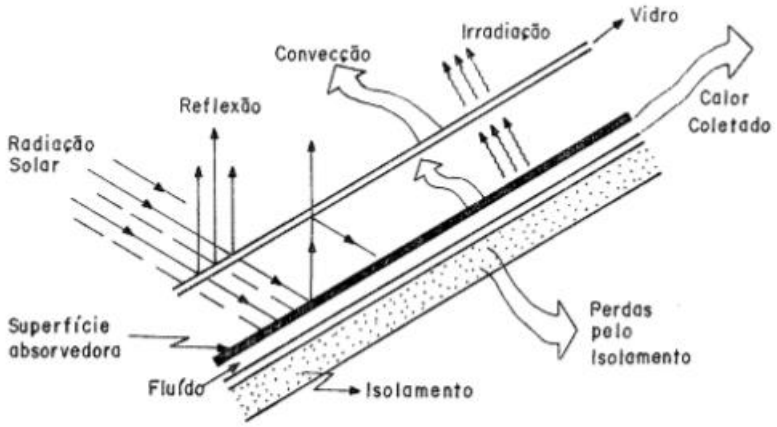
4.2 AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA

Com o crescimento populacional, aumento das necessidades humanas e o acelerado desenvolvimento tecnológico no mundo, o consumo de energia se torna cada vez maior. Todo esse crescimento desenfreado pode causar um desequilíbrio ambiental, como devastação de florestas, poluição da atmosfera, inundação de áreas para produção de energia e poluição dos recursos hídricos. Devido esses fatos, a energia solar utilizada para o aquecimento de água desponta como uma das alternativas mais corretas e eficazes no âmbito econômico e ambiental para a substituir a energia elétrica usada com essa mesma finalidade (AITA, 2006).

Os sistemas de aquecimento utilizando energia solar são compostos por basicamente quatro dispositivos: placas coletoras (coletores solares), tanque de armazenamento térmico (boiler), tubulação para circulação da água e equipamento de energia auxiliar (SALES, 2008).

A placa coletora é o componente do aquecedor que coleta a energia solar e, através do princípio do efeito estufa, a transfere para o fluído, como pode ser visto na Figura 8. O reservatório (Boiler) é formado por material resistente a corrosão e isolante térmico, dessa forma, o boiler é o local para o qual a água aquecida é destinada para seu armazenamento e conservação de temperatura (SALES, 2008).

Figura 8 – Esquema de trocas de energia na placa solar



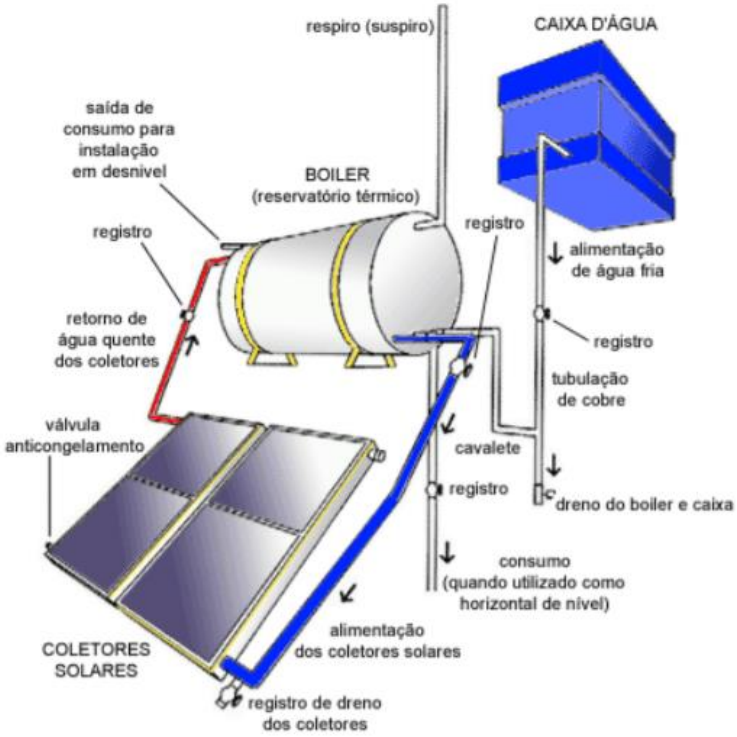
Fonte: (ZILLES, 1987)

Os sistemas de aquecimento de água por radiação solar podem ser divididos em dois tipos: circulação natural (termossifão) e circulação forçada (VARELLA, 2004).

A principal diferença entre os dois grupos de sistemas é a necessidade ou não do uso de bombas para a circulação da água. Na circulação por termossifão o boiler deve estar localizado acima do nível da placa coletora, assim, o aquecimento do fluido pela energia solar gera alterações na densidade da água (a densidade do liquido diminui com a elevação da temperatura), criando movimentações convectivas dentro do sistema. A água com temperatura mais baixa é mais densa e se deposita no fundo do reservatório. Como a saída de água se localiza na parte de baixo do boiler, naturalmente esse liquido mais denso se direciona para a placa coletora e, na medida que é aquecido, se torna menos denso e retorna para o topo do reservatório por convecção. Logo, não se utiliza bomba para circular o fluído (SALES, 2008). A Figura 9 ilustra a funcionalidade desse tipo de circulação.

Já na circulação forçada o boiler se localiza abaixo dos coletores e, por esse motivo, a termossifão não é suficiente para a movimentação de água no sistema. Desta forma, o uso de bomba para a circulação de fluído no sistema é necessária.

Figura 9 – Ilustração do sistema de circulação natural de aquecimento solar



Fonte: (SOLETROL, 2017)

O último componente do sistema, equipamento de energia auxiliar, está relacionado a desvantagem desse modelo alternativo de aquecimento de água. O funcionamento do sistema é diretamente dependente da existência de radiação solar, desta forma, em dias de baixa radiação solar o sistema tem seu desempenho afetado, não conseguindo esquentar a água. Para suprir a demanda de água quente em dias com radiação solar insuficiente, todo sistema possui alternativas de energia auxiliar, sendo a resistência elétrica a opção mais comum.

4.3 SISTEMA COMPACTO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Como já foi dito anteriormente, o crescimento populacional e avanço tecnológico aumentam a demanda de água em todo o mundo, tornando esse recurso natural cada vez mais escasso. Com isso, a questão dos recursos hídricos se torna um grande desafio para as lideranças mundiais, principalmente nos locais onde a demanda de água excede a quantidade disponível (PALMIER, 2001).

O tratamento e reutilização do esgoto residencial pra fins não potáveis como bacias sanitárias, limpeza de quintal e uso em jardinagem se mostrou uma alternativa para a conservação de água potável, deixando as águas de melhor qualidade para usos mais nobre, como o abastecimento doméstico (MAY, 2009).

Segundo MAY (2009), o reuso de esgoto para a limpeza de vasos sanitários poderia gerar uma economia de até 1/3 do volume necessário para atender o consumo doméstico, o que se encaixa no propósito de minimizar o impacto ambiental do despejo direto de efluentes no meio ambiente e o consumo de água potável para essa finalidade.

Partindo dessa linha de raciocínio, as vantagens desse sistema de tratamento de efluentes são:

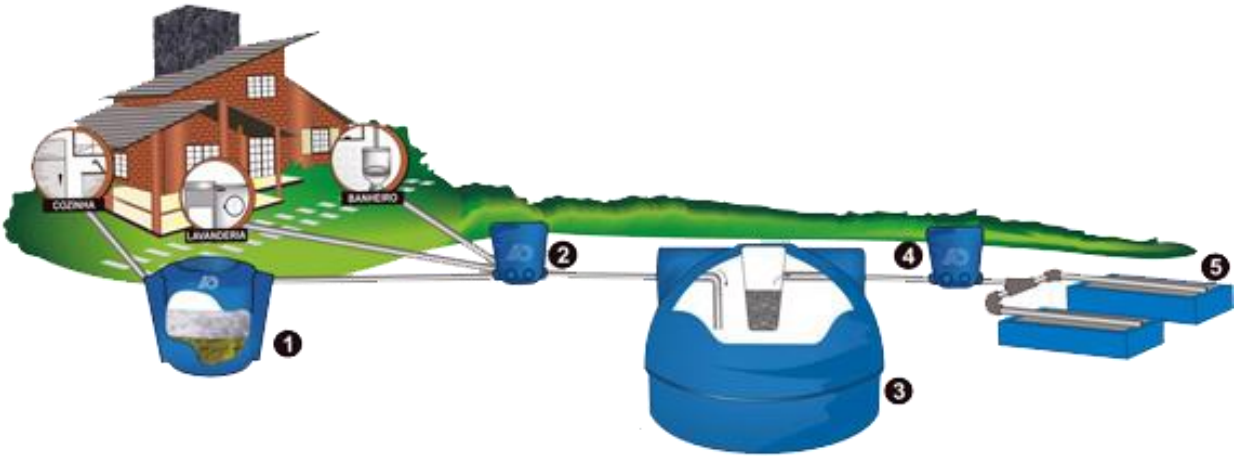
- Uma das principais fontes de contaminação dos recursos hídricos é o despejo de água residual sem tratamento, assim o reuso de efluentes domésticos contribui para minimizar essa contaminação (COSTA e BARROS JUNIOR, 2005);
- O sistema de tratamento e reuso de esgoto doméstico gera economia financeira nas tarifas cobradas pelas concessionárias de água e esgoto (RAPOPORT, 2004);
- A implantação do sistema compacto de tratamento de esgoto torna-se muito favorável em locais como condomínios residenciais, por não requisitar uma área de instalação ampla e atender a demanda de água dos habitantes (MAY, 2009).

Já as desvantagens são:

- A falta de normas técnicas para o uso não potável da água de reuso gera dificuldade para a implantação desse sistema (MAY, 2009);
- Pesquisas mostram que a eficiência dos sistemas de tratamento de efluentes domésticos oscila durante sua vida útil de operação, podendo gerar água de reuso fora do padrão de qualidade (MAY, 2009);
- Necessidade de mão de obra especializada para executar manutenções preventivas e corretivas a fim de garantir o funcionamento do sistema de tratamento (METCALF e EDDY, 2003).

O modelo de Estação de Tratamento compacta escolhida foi de um sistema individual com filtro biológico, pois esse modelo é altamente recomendado para residências por não exigir grande área de instalação (a partir de 4m²), atende populações a partir de 2 pessoas e é indicado para locais onde o reuso da água para fins não potáveis é desejado. Esta estação compacta, ilustrada na Figura 10, realiza tratamento biológico que associa etapas anaeróbicas e aeróbicas (sem e com a presença de oxigênio, respectivamente), o que leva a descontaminação do esgoto doméstico.

Figura 10 – Etapas e disposição do sistema compacto de tratamento de efluentes residenciais



Fonte: (ROTOGINE, 2017)

A Figura 10 acima ilustra o layout e as etapas de tratamento do sistema compacto, que serão explicadas a seguir:

1. Caixa de gordura;

2. Caixa de passagem e inspeção;
3. Tanque séptico;
4. Caixa de inspeção;
5. Filtro biológico septo-difusor.

De acordo com o fabricante, o tratamento não é complexo e se inicia pela entrada do efluente por um difusor de entrada, que quebra os sólidos e reduz a velocidade do mesmo, fazendo com que o material previamente depositado no sistema não sofra turbulência. A decantação dos materiais acontece no tanque séptico, onde os materiais mais densos se depositam no fundo formando um lodo, enquanto os de menor densidade flutuam se aglomerando na superfície.

Após o tanque séptico, o efluente passa por um pré-filtro composto por brita número 03 com a finalidade de reter a saída de sólidos flutuantes. Antes de ir para o filtro biológico, existe uma caixa de passagem e inspeção que facilita a distribuição do efluente entre os mesmos.

O efluente se dirige então para o filtro biológico septo-difusor. Nessa etapa o material passa pelo filtro anaeróbico onde ocorre a filtragem lenta através do processo de colmatagem do geotêxtil presente no sistema e, após isso, ocorre descolmatagem bacteriana. Por último, ocorre a desinfecção do substrato por cloração e o bombeamento do mesmo para os locais de reuso.

Como manutenção, o sistema necessita a remoção do lodo que se deposita no tanque séptico com frequência de 1, 3 ou 5 anos, dependendo do modelo e uso do mesmo, além de verificação periódica de qualidade, para garantir o funcionamento correto e eficaz do produto.

4.4 SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Sistema fotovoltaico é aquele que gera energia elétrica a partir da radiação solar absorvida por placas coletoras (SIMIONI, 2006). Essas placas são compostas por células fotovoltaicas que são formadas por material semicondutor (silício), responsáveis pela conversão direta da potência associada à radiação solar em energia elétrica (CASTRO, 2002).

A substituição dos sistemas tradicionais de geração de energia por sistemas de energia solar fotovoltaica tem sido cada vez mais utilizada em vários países do mundo como uma excelente alternativa para a redução dos impactos ambientais causados pelo homem

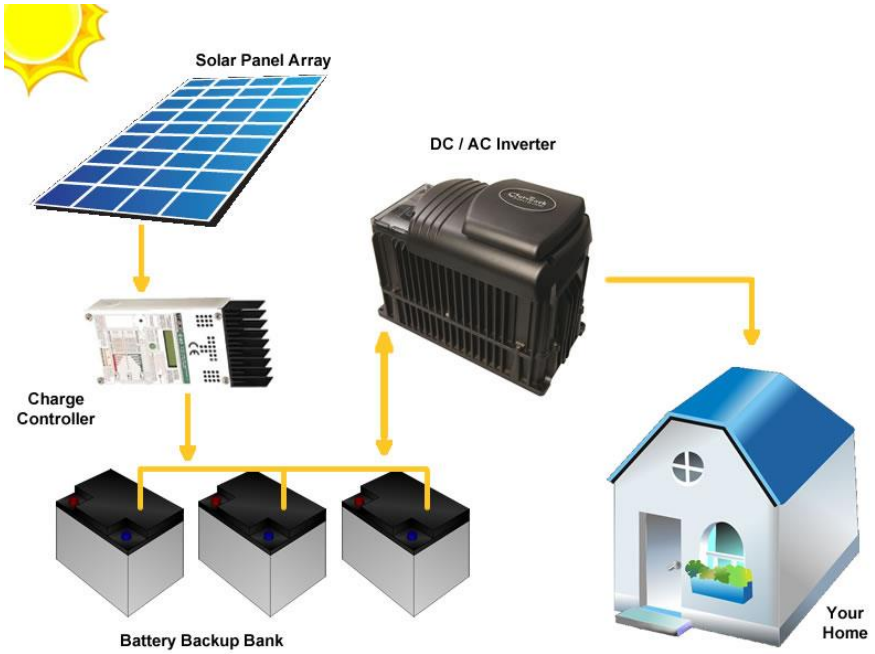
(VARELLA et al, 2008). A maior parte do território brasileiro se encontra relativamente próxima da linha do Equador, o que nos dá uma variação pequena de duração solar durante o dia. Desta forma, esse sistema alternativo de obtenção de energia elétrica se mostra muito vantajoso e atrativo para o uso em residências e prédios (SALAMONI, 2009).

O princípio de funcionamento das células fotovoltaicas é a absorção de fótons presentes na luz solar pelos elétrons do material semicondutor, no caso, o silício. A energia dos fótons é transferida para os elétrons, estimulando-os então a saltar para a camada de condução. Essa movimentação dos elétrons, sob condições favoráveis, irá gerar uma tensão e corrente elétrica, que será captada pelos condutores da célula. Várias células fotovoltaicas formam um modulo fotovoltaico, que então formam a placa solar fotovoltaica (FRAIDENRAICH e LYRA, 1995).

O sistema é composto basicamente por painéis solares, fiação, conversor de corrente continua para corrente alternada, proteções e conexões. Existem dois tipos de funcionamento do sistema: o sistema isolado (Off-grid) e o sistema conectado à rede (On-grid). O sistema isolado é comumente utilizado em locais remotos, longe da rede elétrica pública e são usados para atividades que requerem pequenas cargas de energia. Além dos dispositivos citados acima, estes sistemas são compostos por equipamentos de acumulação de energia, normalmente um banco de baterias, para suprir a demanda de energia nos períodos que o sistema não funciona, períodos noturnos, por exemplo. Já o sistema conectado à rede elétrica convencional não possui esse banco de baterias e o excedente de energia gerada é distribuído pela rede. Por esse motivo, é necessária a presença de um controlador da quantidade de energia que é efetivamente enviada a rede pública, desta forma, a concessionaria e o consumidor/produtor têm o controle de serviços prestados e consumidos para o pagamento de ambos (SANTOS, 2009). O conversor de corrente é necessário no sistema pois todos aparelhos eletrodomésticos trabalham com corrente alternada, enquanto as placas fotovoltaicas geram corrente continua, desta forma é necessária a inversão de corrente para a viabilização do uso da energia elétrica produzida (KNIER, 2002).

Na Figura 11 a seguir, está ilustrado o sistema Off-Grid de funcionamento de energia solar fotovoltaica citado anteriormente, sistema isolado com banco de bateria, inversor de corrente, painéis solares fotovoltaicos e controlador de bateria.

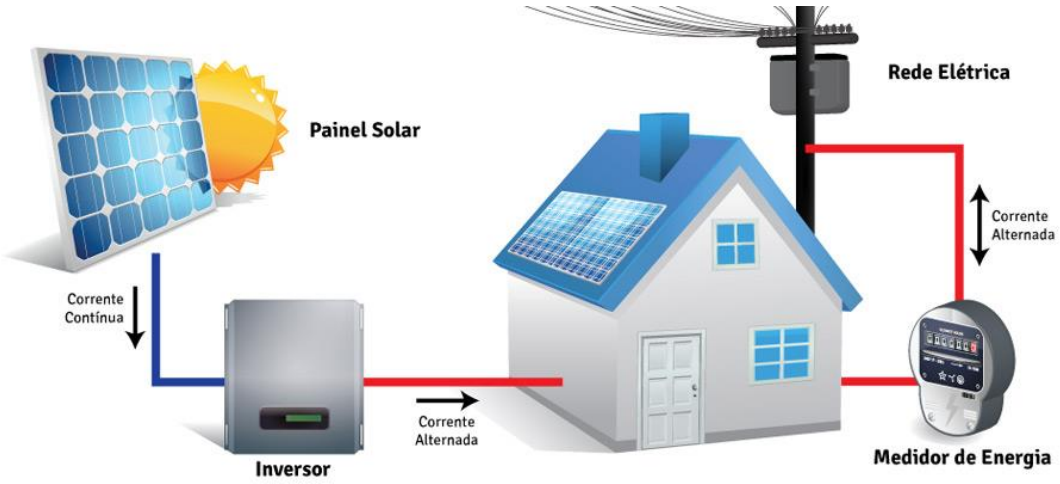
Figura 11 – Sistema isolado (Off-Grid)



Fonte: (SOLAR BRASIL, 2017)

Já a Figura 12, ilustra o sistema On-Grid, conectado à rede com medidor de energia e transferência de energia gerada na residência para a rede pública de energia elétrica.

Figura 12 – Sistema conectado à rede (On-Grid)



Fonte: (SOLAR BRASIL, 2017)

Mesmo sendo umas das alternativas mais limpas e corretas no âmbito ambiental para produção de energia elétrica, o sistema fotovoltaico possui vantagens e desvantagens.

Vantagens:

- O sistema não necessita de grandes manutenções, tem fácil instalação e possui vida útil longa, 30 anos em média (SHAYANI et al, 2006);
- Fonte de energia limpa e inesgotável (radiação solar), apresentando baixo impacto ambiental e sendo uma alternativa sustentável para energia elétrica (SIMIONI, 2006);
- Redução de gastos com nas tarifas aplicadas pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica (SHAYANI et al, 2006).

Desvantagens:

- Custo inicial de instalação é alto (SIMIONI, 2006);
- A geração de energia oscila durante períodos do dia e não é produzida durante a noite, período de maior demanda de energia elétrica (SIMIONI, 2006);
- Os sistemas que usam baterias como estoque de energia, contribuem indiretamente para a poluição ambiental, pois a fabricação e descarte das baterias são agressivas para o ambiente (SIMIONI, 2006).

5 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Tendo em vista que os ganhos e vantagens no âmbito ambiental já foram previamente apresentados, agora será realizada uma análise econômica de cada sistema aplicado ao condomínio. Esse estudo tem como objetivo quantificar os gastos e economias financeiras, a fim de estipular tempo de retorno do investimento e viabilidade econômica das técnicas abordadas.

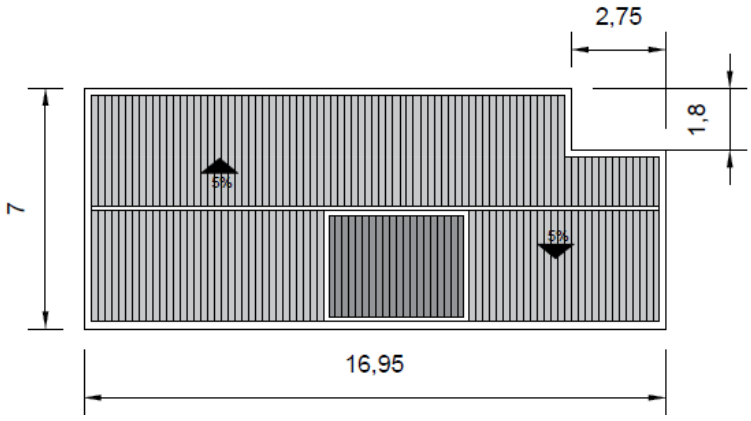
5.1 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para o estudo da viabilidade econômica do sistema de reuso de águas pluviais temos que considerar algumas variáveis, como área de captação, índice pluviométrico da região onde o condomínio será implantado, volume de água potável que poderá ser substituído pela água de reuso, tarifas aplicadas pela distribuidora de água da região e custo de

implantação/manutenção do sistema de captação. Cada parâmetro citado acima será estabelecido, para que assim, o estudo econômico possa ser desenvolvido.

A área de captação de água é a área referente ao telhado de cada residência, como está ilustrado na Figura 13 a seguir. Executando os simples cálculos da área de cobertura da casa, chegamos em uma área de 113,70 m² (7 x 16,95 – (1,80 x 2,75) = 113,70 m²).

Figura 13 – Vista do telhado da residência (área de captação de águas pluviais)



Fonte: Autoria própria, 2017

A média pluviométrica da região estudada, Cotia – SP, irá servir como base para estimar o volume de água que será captado e também determinará o dimensionamento do sistema que será instalado em cada residência. Os índices pluviométricos foram retirados do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, o CEPAGRI. Esses índices são resultados da análise de 30 anos de dados, gerando medias pluviométricas confiáveis.

Tabela 2 – Média pluviométrica histórica em Cotia - SP

MÊS	**CHUVA (mm)**
JAN	210,9
FEV	196
MAR	151,9
ABR	78
MAI	64,3
JUN	55,6
JUL	41,1
AGO	41,3
SET	79,1
OUT	125,3
NOV	149
DEZ	185

Fonte: (CEPAGRI, 2017)

De acordo com a Tabela 2 acima, sabemos que o mês mais chuvoso foi Janeiro com um volume de 210,9 litros por metro quadrado e o volume anual de precipitação é 1377,5 m³. Lembrando que a pluviosidade é reportada em milímetros (mm), o que significa dizer que, em determinado período, choveram "x" litros de água em 1 metro quadrado.

Nem toda a água consumida em uma residência pode ser substituída pela água de reuso. Como foi dito no item 4.1, o consumo mensal de água para as residências do condomínio é de 27 m³, porém apenas 40% desse volume pode ser substituído por água não potável, resultando em um volume de 10,8 m³ de água por mês (27 m³ x 0,4).

A empresa responsável pelo fornecimento de agua na região de Cotia é a Sabesp. As tarifas aplicadas pela companhia para residências normais estão na Tabela 3 a seguir e, para calcular o valor final da conta, multiplica-se o volume de água consumido por 2, pois a Sabesp estima que o volume de água que entra na residência é igual ao volume de esgoto produzido.

Tabela 3 – Tarifas de água e esgoto para residências normais

Volume (m³)	**Tarifa de Água - R$**	**Tarifa de Esgoto - R$**
0 a 10	22,38 / mês	22,38 / mês
11 a 20	3,50 / m³	3,50 / m³
21 a 50	8,75 / m³	8,75 / m³
Acima de 50	9,64 / m³	9,64 / m³

Fonte: (SABESP, 2017)

Para estimar o custo de instalação do sistema de captação e reuso é preciso saber o volume máximo de armazenamento de água e, para isso, será aplicado o método prático descrito na NBR 15527 (ABNT, 2007). Esse método calcula o volume necessário do reservatório a partir da multiplicação entre volume anual de precipitação (mm), área de captação (m²) e um fator de cálculo (0,06).

No caso, tem-se: Volume do tanque = 1377,5 mm x 113,7 m² x 0,06. Assim, o sistema terá uma capacidade de 10 m³.

De acordo com Plínio Tomaz (2009), o custo de instalação do sistema varia entre 150 e 200 dólares por metro cubico armazenado. Considerando o custo por metro cubico armazenado igual a US$200 e o dólar comercial a R$3,28 (Junho de 2017), o custo de instalação do sistema de reuso de água pluvial seria, aproximadamente, de R$6.560,00.

Para estimar o volume anual captado pelo sistema, somente os 6 meses de maiores precipitações serão considerados. Somando os valores das precipitações de Janeiro, Fevereiro, Março, Outubro, Novembro e Dezembro chega-se em um volume de 1.018,1 L/m², multiplicando esse valor pela área do telhado de cada residência (113,7 m² x 1.018,1 L/m²) chega-se no valor de 115,76 m³, que é o volume total de água recolhida por ano. Dividindo esse valor por 12 meses, encontra-se o volume mensal que será economizado, esse volume será de 9,65 m³ (115,76 m³ / 12 meses).

Desta maneira, o consumo anterior mensal de uma residência, que era de 27 m³, teria uma tarifa de água e esgoto da seguinte maneira: R$22,38 pelo uso mínimo de 10 m³, mais R$35 pelo uso de 10 m³ excedentes ao mínimo (R$3,5 x 10 m³) e mais R$61,25 pelo uso de 7 m³ excedentes a segunda faixa de tarifas (R$8,75 x 7 m³), o que resultaria em uma conta final de R$237,26 (R$118,63 x 2) referentes a água e esgoto. Porém, com o sistema de reuso de água pluvial, a residência teria uma economia média mensal de 9,65 m³, de acordo com os cálculos anteriormente desenvolvidos. Assim, o novo consumo junto à concessionaria de água e esgoto seria de 17,35 m³ (27 m³ - 9,65 m³) e a conta final seria calculada assim: R$22,38 pelo consumo mínimo de 10 m³, mais R$25,73 referente aos 7,35 m³ excedentes ao mínimo (R$3,5 x 7,35), resultando em uma nova conta final de R$96,22 para água e esgoto (R$48,11 x 2).

Comparando as os valores das contas finais obtidas para água e esgoto, constata-se uma economia de R$141,04 mensais (R$237,26 – R$96,22). Comparando agora o custo de instalação (R$6.560,00) com a economia mensal obtida, percebe-se que o investimento inicial tem um período de retorno de 46 meses, ou seja, aproximadamente 4 anos.

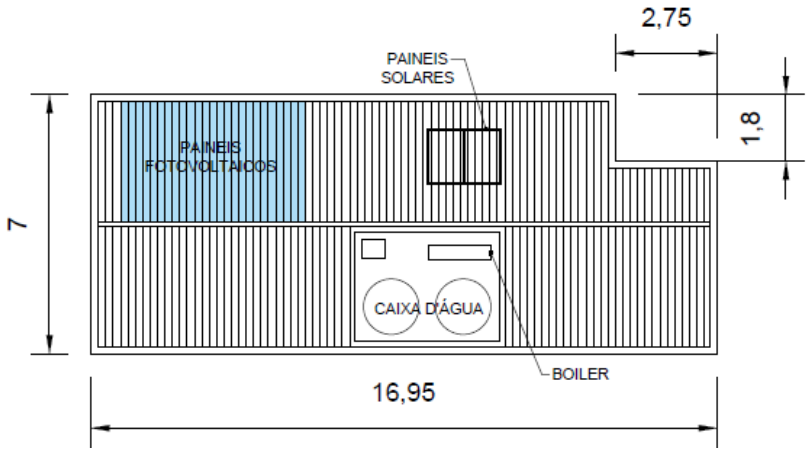
5.2 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

Para a análise econômica da implantação do sistema de aquecimento solar de água é necessário ter conhecimento de alguns fatores que influenciam no custo e eficiência do mesmo. É preciso conhecer o consumo diário de água quente em cada residência, o consumo mensal médio de eletricidade por residência, a quantidade de energia elétrica consumida pelos chuveiros elétricos, as tarifas aplicadas pela concessionaria responsável pelo fornecimento de energia elétrica e o custo de instalação dos equipamentos que compõem o sistema.

De acordo com a norma da ABNT – NB 128, o consumo médio de água quente em uma residência é de, aproximadamente, 45 litros por pessoa. Considerando os cálculos anteriores referentes ao número de habitantes por residência, o número de pessoas adotado será de 6 indivíduos, fazendo com que o volume de água quente consumido diariamente em cada unidade do condomínio seja de 270 litros (45 litros x 6 habitantes).

Em contato com fornecedores da empresa Solar e Sol Energia Solar (acesso em 15/06/2017), o modelo de aquecedor solar mais indicado para o caso em estudo, seria com um reservatório térmico de 316 litros e 2 placas solares de 1,5 m² cada, que teriam a capacidade de aquecer de 20 a 60 °C aproximadamente 300 litros, já que cada metro quadrado de placa aquece 100 litros de água. O custo dos equipamentos e de instalação seria em torno de R$2.173,00 que inclui o kit completo da empresa Solar e Sol, sendo um reservatório térmico e as duas placas solares de cobre. As placas serão instaladas na cobertura da casa, com sua orientação para o norte, buscando o melhor rendimento possível e o boiler será instalado embaixo das telhas, no sótão da casa. A Figura 14 a seguir ilustra a posição das placas a serem instaladas no telhado.

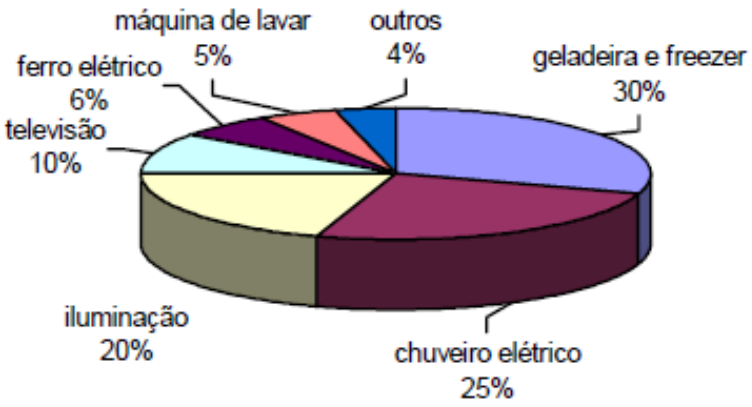
Figura 14 – Local e posicionamento dos painéis solares



Fonte: Autoria própria, 2017

Em seu último relatório, a Empresa de Pesquisa Energética, a EPE, divulgou que o consumo médio mensal de energia elétrica nas residências de São Paulo foi de 183 kWh, para criar um cenário mais conservador, o consumo mensal médio considerado será de 300 kWh, por ser uma residência de classe média. Tendo esse dado em mãos, é preciso saber qual parcela desse consumo corresponde ao uso do chuveiro elétrico.

Figura 15 – Distribuição do consumo de eletricidade em uma residência por aparelhos



Fonte: (COPEL, 2017)

Analisando a Figura 15 acima, verifica-se que 25% da energia elétrica consumida em uma residência é proveniente do uso dos chuveiros elétricos para aquecer a água do banho. Aplicando esse dado ao consumo mensal médio apresentado anteriormente, é possível confirmar que, em um mês, 75 kWh são utilizados para aquecimento de água e é essa quantidade de energia elétrica que será substituída pela energia solar proveniente das placas coletoras.

Por fim, é preciso conhecer as tarifas aplicadas pela concessionaria de distribuição de energia elétrica na região de Cotia, no caso a AES Eletropaulo. As tarifas são separadas por grupos e o grupo que as residências do condomínio se enquadrarão é o grupo B1 – Residencial. Existem dois tipos de tarifas, a TUSD (Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição) e a TE (Tarifa de Energia). As duas são cobradas em cima do consumo mensal em kWh, como pode ser visto na Figura 16, sendo que são cobrados R$0,18041 por kWh para TUSD e R$0,21865 por kWh para TE. Existe também um acréscimo mensal decorrente da bandeira vigente no mês, que é definida pela ANEEL com base no custo de geração de energia elétrica no país e é aplicada para todos os clientes do território nacional.

Figura 16 – Tarifas da AES Eletropaulo referentes ao grupo B1 – Residencial

Tarifas Aplicadas a clientes atendidos em Baixa Tensão (Grupo B)

MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL		
SUBGRUPO / CLASSE / SUBCLASSE (R$/kWh)	Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) (R$/kWh)	Tarifa de Energia TE (R$/kWh))
B1 - RESIDENCIAL	0,18041	0,21865

BANDEIRA VERDE	BANDEIRA AMARELA	BANDEIRA VERMELHA
Sem acréscimo na tarifa	Acréscimo de R$0,015 a cada 1 kw/h consumido	Acréscimo de R$0,045 a cada 1 kw/h consumido

Fonte: (AES ELETROPAULO, 2017)

Para o consumo médio mensal de 300 kWh, sem o sistema de aquecedor solar, o valor da conta de energia elétrica é de R$174,54, de acordo com a simulação encontrada no site da AES Eletropaulo, onde é possível simular cobrança de impostos e taxas adicionais (R$119,70 de TUSD e TE mais R$54,84 de taxas e impostos).

Agora, aplicando a economia de energia fornecida pelo sistema de aquecimento de água por placas solares, o novo consumo mensal será de 225 kWh. Utilizando o mesmo simulador de conta da AES Eletropaulo, chega-se em um valor final de R$130,90 (R$89,77 de TUSD e TE mais R$41,13 de taxas e impostos).

Comparando os dois valores encontrados, constata-se uma economia mensal de R$43,64 (R$174,54 – R$130,90). Analisando o custo de instalação inicial do sistema com a economia fornecida pelo mesmo, é possível afirmar que o período de retorno do investimento é de aproximadamente 50 meses, ou seja, 4 anos e 3 meses.

5.3 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA COMPACTO DE TRATAMENTO DE ESGOTO RESIDENCIAL

Como nos demais estudos dos outros sistemas abordados até aqui, também é necessário o conhecimento de algumas variáveis para a análise econômica do sistema compacto de tratamento de efluentes. Para uma análise completa, é preciso saber a quantidade de esgoto produzido diariamente pela população da residência, o volume de água que pode ser substituído pelo efluente tratado, o custo de aquisição e instalação do sistema e o custo da tarifa aplicada pela companhia responsável pela distribuição de água e esgoto da região.

De acordo com a NBR 13969 – 1997, ilustrada na Figura 17 abaixo, as residências do condomínio em questão se enquadram na categoria Residência – Alto padrão, desta forma, será adotado que a produção diária de efluentes é de 160 litros por habitante. Como é de conhecimento, cada residência é composta por 6 pessoas, gerando assim um volume total de 960 litros de esgoto por dia e, consequentemente, 28.800 litros por mês.

Figura 17 – Tabela de contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e de ocupantes

Prédio	Unidade	Contribuição de esgoto L/d	Contribuição de carga orgânica $gDBO_{5,20}/d$
1. Ocupantes permanentes			
Residência			
Padrão alto	Pessoa	160	50
Padrão médio	Pessoa	130	45
Padrão baixo	Pessoa	100	40
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	30
Alojamento provisório	Pessoa	80	30
2. Ocupantes temporários			
Fábrica em geral	Pessoa	70	25
Escritório	Pessoa	50	25
Edifício público ou comercial	Pessoa	50	25
Escolas (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa	50	20
Bares	Pessoa	6	6
Restaurantes e similares	Pessoa	25	25
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	Lugar	2	1
Sanitários públicos[1)]	Bacia sanitária	480	120
[1)] Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio de esportes, locais para eventos etc.).			

Fonte: (NBR13969 – 1997)

Seguindo a mesma forma de pensamento descrito no item 5.1, somente 40% do volume de água consumido mensalmente em uma residência pode ser substituído por águas de reuso, logo esse volume é de 10,8 m³. Sabendo que o sistema de tratamento de efluentes tem uma eficiência de 80%, dos 28.800 litros de esgoto que entram no sistema somente 23.040 litros podem ser reutilizados. Esse volume é maior do que os 10.800 litros, então o volume adotado para os cálculos serão os 10,8 m³ e o volume excedente seria despejado nas redes públicas de captação de águas da chuva, pois já estaria tratado e dentro dos padrões de qualidade.

A conta final de água e esgoto para a residência sem o sistema de tratamento de esgoto seria a mesma apresentada no item 5.1 de R$237,26, seguindo o mesmo memorial de cálculo. Agora, com o sistema de tratamento, a residência teria uma economia média mensal de 10,8 m³. Assim, o novo consumo junto à concessionaria de água e esgoto seria de 16,2 m³ (27 m³ - 10,80 m³) e a conta final seria calculada assim: R$22,38 pelo consumo mínimo de 10 m³, mais

R$21,70 referente aos 6,20 m³ excedentes ao mínimo (R$3,5 x 6,20), resultando em uma nova conta final de R$88,16 para água e esgoto (R$44,08 x 2).

O custo de implantação do sistema para o porte das residências estudadas, com 6 habitantes e um volume diário de efluente igual a 960 litros, será em média de R$2.400,00, de acordo com fornecedores da empresa Rotogine. Todos os equipamentos que compõem o sistema ocupam pouco mais do que 5 m² e serão instalados no quintal das residências.

A economia mensal gerada pelo sistema de tratamento de esgoto seria de R$149,10 (R$237,26 – R$88,16). Comparando esse valor economizado com o custo de implantação da ETE tem-se um tempo de retorno de 17 meses, ou seja, aproximadamente 1 ano e meio.

5.4 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Para a análise econômica do sistema fotovoltaico é necessário conhecer os índices de irradiação solar no local estudado, a demanda diária de energia dos habitantes da residência, o custo inicial de implantação do sistema e as tarifas aplicadas pela concessionaria fornecedora de energia elétrica. Assim será possível quantificar os gastos e retornos oferecidos pela fonte de energia alternativa.

O local de implantação do empreendimento é Cotia – SP. Através dos dados fornecidos pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB) – 2017, foi possível montar a Tabela 4 a seguir, que mostra a radiação mensal média para o município de São Paulo, em um plano inclinado a um ângulo igual a latitude do município. Para os cálculos, os dados utilizados para Cotia serão os mesmo de São Paulo.

Tabela 4 – Radiação média mensal no município de São Paulo

Estação	Município	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
SP	São Paulo	4,10	4,77	4,15	4,04	3,91	3,78	4,09	4,36	3,95	3,92	4,59	4,08	4,15

Fonte: Autoria própria, 2017

A Tabela 4 mostra que o mês de maior radiação é Fevereiro e o de menor radiação é Junho. A média de radiação é 4,15 kWh/m².dia durante o ano.

Como já foi mostrado no item 5.2, o consumo médio mensal de energia elétrica em uma residência dos padrões escolhidos é de 300 kWh e, no mesmo item, foi visto que com as placas de aquecimento solar de água 25% desse consumo (75 kWh) diminui, fazendo com que a nova demanda mensal de energia elétrica seja de 225 kWh. Para buscar um cenário mais conservador, será considerada uma demanda de 250 kWh por mês em cada residência.

A fonte do custo de implantação dos equipamentos pertencentes ao sistema de energia fotovoltaico foi a loja Minha Casa Solar e o modelo fotovoltaico escolhido foi o painel de 150W, que ocupa pouco menos de um metro quadrado por placa e tem capacidade de produção de 18,76 kWh/mês, funcionando sob os índices de radiação citados e com 5 horas de insolação por dia, que é a média do Brasil. De acordo com a Figura 14, o painéis serão instalados na cobertura da residência para aproveitar ao máximo a radiação solar. O custo de todo o conjunto de equipamentos (painel solar, controlador de carga, bateria estacionária e inversor de energia) seria de, aproximadamente R$800,00, para a produção de 18,76 kWh/mês. Como foi visto, a demanda de energia elétrica da residência é de 250 kWh/mês, assim seriam necessários 14 kits desses para atingir o consumo mensal dos habitantes. Isso irá gerar um custo total final de R$11.200,00 (14 x R$800,00).

Seguindo o modelo de cálculo apresentado no item 5.2, calcula-se o valor da conta de energia referente ao gasto de 250 kWh em um mês. O valor da conta cobrada pela concessionaria seria de R$145,45 (R$99,75 de TUSD e TE mais R$45,70 de taxas e impostos), utilizando o mesmo simulador do item 5.2. A quantidade de módulos solares instalados seriam capazes de atender a demanda mensal total de energia de cada residência, pois foram dimensionados para isso. Assim, não seria aplicada tarifa nenhuma referente a energia elétrica e a economia mensal seria de R$145,45, de acordo com os cálculos acima.

Sabemos que o custo de implantação do sistema é de R$11.200,00 e a economia mensal é de R$145,45. Dividindo o primeiro pelo segundo, chega-se no número de meses suficientes para o investimento se auto pagar. Esse tempo de retorno é de 77 meses, o equivalente a 6 anos e 5 meses.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Partindo do pressuposto que o objetivo do trabalho é a criação de um condomínio sustentável, foram implantadas as técnicas mais usuais e eficazes que existem atualmente para

essa finalidade: a captação de águas pluviais, aquecimento de água por energia solar, tratamento de esgoto residencial e produção de energia fotovoltaica. A partir dos resultados obtidos para cada técnica, foi feita a análise de cada sistema tanto no quesito econômico quanto no ambiental.

No aspecto ambiental, é indiscutível os benefícios e vantagens que todos os sistemas implantados trazem. Cada um proporciona a diminuição dos impactos antrópicos ao meio ambiente, principalmente em relação a poluição dos recursos hídricos, poluição do ar e produção de resíduos.

O reuso de águas pluviais e de esgoto geram a diminuição da produção de resíduos despejados no meio ambiente e a diminuição da demanda por água potável, preservando esse recurso tão importante e que se torna cada vez mais escasso no mundo. Já a energia solar para aquecimento de água e produção de energia fotovoltaica são fontes limpas de produção de energia que geram resíduos e impactos mínimos ao meio ambiente, diminuindo a poluição despejada na atmosfera e causadas aos recursos hídricos. Desta forma, todos os sistemas escolhidos são viáveis.

No aspecto econômico, foi feita a análise de cada sistema comparando o custo de implantação com a economia financeira gerada, resultando no tempo de retorno do investimento. A Tabela 5 abaixo mostra o comparativo de cada sistema.

Tabela 5 – Comparativo de custo, economia e período de retorno dos sistemas

	Captação e Reuso de águas pluviais	Aquecedor solar	ETE Compacta	Energia Fotovoltaica
Custo de instalação (R$)	6.560,00	2.173,00	2.400,00	11.200,00
Economia mensal (R$)	141,04	43,64	149,10	145,45
Perído de retorno	4 anos	4 anos e 3 meses	1 ano e 5 meses	6 anos e 5 meses

Fonte: Autoria própria

O reuso de águas pluviais mostrou uma economia mensal significativa nas tarifas de água e esgoto cobradas pela companhia responsável (R$141,04), resultante de uma pluviosidade media da região que praticamente supre a demanda de água da residência que pode ser substituída por água não potável. O tempo de retorno do investimento é de 4 anos e a vida útil dos equipamentos é longa. Assim, o sistema é considerado viável economicamente, por ter um retorno rápido e mensalmente significante.

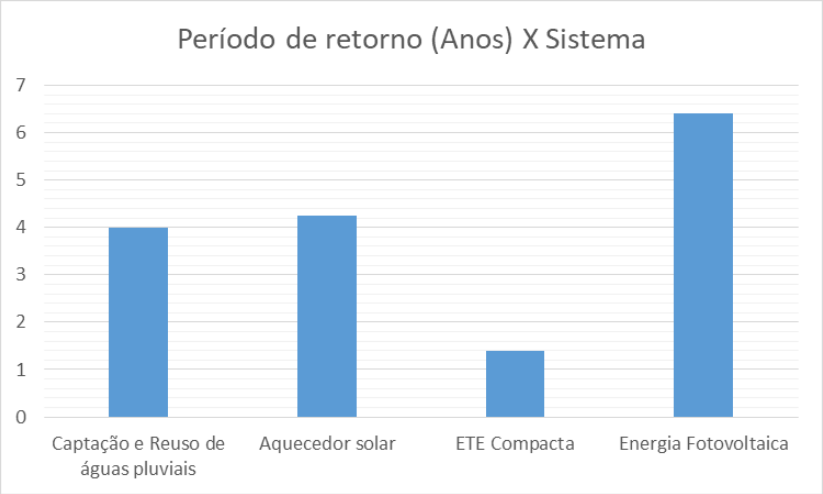
A estação de tratamento de esgoto compacta se mostrou muito interessante no âmbito econômico. A economia mensal é de R$149,10 e o tempo de retorno do investimento é de,

aproximadamente, um ano e meio. Porém, a água proveniente desse sistema e do sistema de captação de águas pluviais tem o mesmo destino, ou seja, são utilizadas para o mesmo propósito. Para o estudo ser especifico de cada sistema, os dois foram tratados isoladamente, sem contar com a influência de um no outro. Desta forma, a estação de tratamento de esgoto se classifica como viável também, sendo que o grande peso para essa classificação é a questão ambiental.

O aquecimento de água por energia solar, de acordo com o que foi mostrado, gerou uma economia mensal de R$43,64 que proporciona um tempo e retorno de 4 anos e 3 meses. Considerando uma vida útil de aproximadamente 20 anos (com a realização de manutenções periódicas) esse sistema é classificado como viável.

A produção de energia elétrica através de placas fotovoltaicas é outra técnica que impacta diretamente na conta de energia elétrica. Segundo os estudos previamente apresentados, a economia mensal é de R$145,45 e o tempo de retorno do investimento é de 6 anos e 5 meses. Tendo em vista a vida útil dos equipamentos de 30 anos, quando as manutenções periódicas são realizadas, esse sistema é altamente viável, mesmo tendo um valor inicial de implantação alto. A Figura 18 a seguir mostra a comparação dos períodos de retorno de cada sistema.

Figura 18 – Comparativo de período de retorno entre os sistemas



Fonte: Autoria própria, 2017

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. NBR 13969.

AITA, Fernando. **Estudo do desempenho de um sistema de aquecimento de água por energia solar e gás.** Porto Alegre, 2006. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CAMPOS, Marcos. **Aproveitamento de água pluvial em Edifícios Residenciais Multifamiliares na Cidade de São Carlos.** São Carlos, 2004. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de São Carlos.

CASTRO, Rui. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada.** Lisboa, 2002. Universidade Técnica de Lisboa.

Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos municípios Paulistas**: Cotia. Disponível em: <www.cepagri.unicamp.br> Acesso em: 20 mai. 2017

Clima dos Municípios Paulistas. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_146.html. Acesso em 25/06/2017. Acesso em 25/06/2017.

Comunicado – 03/16. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/clientes_servicos/comunicado_03_2016.pdf. Acesso em 20/06/2017.

COPEL. Disponível em: http://www.copel.com/hpcopel/root/index.jsp. Acesso em 20/05/2017.

COSTA, Djeson; JÚNIOR, Antônio. **Avaliação da necessidade do reuso de águas residuais.** 2005.

ELETROPAULO – Calcule sua conta. Disponível em: https://www.aeseletropaulo.com.br/educacao-legislacao-seguranca/simuladores/conteudo/calcule-sua-conta. Acesso em 25/06/2017.

Estação Compacta de Tratamento de Efluentes Sanitários. Disponível em: http://www.rotogine.com.br/site/?page_id=675. Acesso em 20/06/2017.

FERREIRA, Daniel. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC.** Florianópolis, 2005. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina.

FRAIDENRAICH, N. e LYRA, F. J., **"Energia Solar. Fundamentos e tecnologias de conversão heliotermoelétrica e fotovoltaica"**. Editora Universitária da UFPE, (1995) (ISBN 85-7315-024-6)

HAFNER, A. V.. **Conservação e reúso de água em edificações**: experiências nacionais e internacionais. Rio de Janeiro, 2007. 177 p.

KNIER G. **How do photovoltaics works?** [S.l]: Science N, editor. Disponível em: <http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells/> Acesso em: 15 jun. 2017.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** São Paulo, 2009. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Hidráulica e Sanitária). Universidade Politécnica de São Paulo.

METCALF ; EDDY,. **Wastewater Engineering:** treatment and reuse. 4. ed. Boston: Mc Graw Hill, 2003, 1819 p.

MINHA CASA SOLAR. Disponível em: https://www.minhacasasolar.com.br/. Acesso em 01/07/2017.

PACHECO, Fabiana. **Energias Renováveis: breves conceitos.** Salvador, 2006.

PALMIER, L. R. **A necessidade das bacias experimentais para a avaliação da eficiência de técnicas alternativas de captação de água na região semi árida do Brasil.** Paraíba, 2001. Paraíba: ABRH, 2001. P.8.

RAPOPORT, Beatriz. **Águas cinzas: Caracterização, Avaliação Financeira e Tratamento para Reuso Domiciliar e Condominial.** Rio de Janeiro, 2004. Fundação Oswaldo Cruz.

SABESP – Serviços. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/interna/subHome.aspx?secaoId=179. Acesso em 17/06/2017.

SALAMONI, Isabel. **Um programa residencial de telhados solares para o Brasil: diretrizes de políticas públicas para a inserção da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica.** Florianópolis, 2009. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina.

SALES, Isolda. **Análise da substituição do chuveiro elétrico por aquecedor solar: Uma contribuição ao setor elétrico na conservação de energia.** Maceió, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Alagoas.

SANTOS, Ísis. **Integração de painéis solares fotovoltaicos em edificações residenciais e sua contribuição em um alimentador de energia de zona urbana mista.** Florianópolis, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina.

SCHERER, F. A.; FENDRICH, R (2004). **Aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis em edifícios escolares.** Revista Engenharia, Ciência e Tecnologia, v. 06, n. 5, p. 49-58.

SHAYANI, Rafael; OLIVEIRA, Marco; CAMARGO, Ivan. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais.** Brasília, 2006. Universidade de Brasília.

SILVA, Cássio. **Análise técnica e econômica da captação e reuso de águas pluviais em residências de Formiga – MG.** Formiga, 2015. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil). Centro Universitário de Formiga.

SIMONI, Carlos. **O uso de energia renovável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis.** Curitiba, 2006. Dissertação (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná.

SOLARMIX – Produtos. Disponível em: http://solarmix.com.br/produtos_det.asp?INT_CODCAT=27. Acesso em 25/06/2017.

SOLARMIX – Projeto. Disponível em: http://solarmix.com.br/seuprojeto_det.asp?INT_CODSGS=2. Acesso em 25/06/2017.

SOLARESOL – ENERGIA SOLAR. Disponível em: http://www.solaresol.com.br/loja/kit-aquecimento-solar-300-litros.html#fancy-zoom-gallery-image-5. Acesso em 25/05/2017.

SOLETROL – Produtos. Disponível em: http://www.soletrol.com.br/produtos/compactos/. Acesso em 10/05/2017

SUSTENTARQUI – Construção. Disponível em: http://sustentarqui.com.br/construcao/captacao-reuso-h2o/. Acesso em 20/05/2017

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2009.

VARELLA, Fabiana. **Tecnologia Solar Residencial: Inserção de Aquecedores Solares de Água no Distrito de Barão Geraldo – Campinas.** Campinas, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas.

ZILLES, Roberto. **Comparação experimental de testes de coletores solares planos com simulador e com radiação solar.** Porto Alegre, 1987. Dissertação (pós-Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.