

NATHÁLIA PIVATTO ERBERELLI

**Aplicação de ecotécnicas na implantação de um condomínio no
município de Itatiba/SP**

Nathália Pivatto Erberelli

**Aplicação de ecotécnicas na implantação de um condomínio no
município de Itatiba/SP**

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: João Ubiratan de Lima e Silva

E65a	Erberelli, Nathália Pivatto Aplicação de ecotécnicas na implantação de um condomínio no município de Itatiba (SP) / Nathália Pivatto Erberelli – Guaratinguetá, 2019. 87 f. : il. Bibliografia : f. 68 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2019. Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva 1. Construção civil. 2. Água - Captação. 3. Energia solar. I. Título. CDU 69
------	---

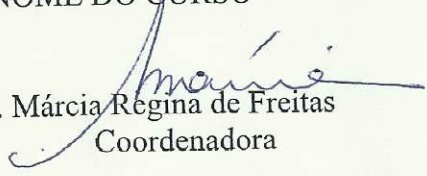
Luciana Máximo

Bibliotecária-CRB-8/3595

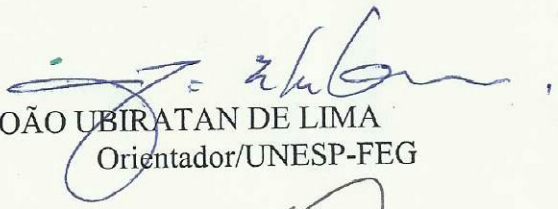
NATHÁLIA PIVATTO ERBERELLI

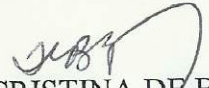
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

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


Prof. Dr. Márcia Regina de Freitas
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


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


Prof. Dra. ISABEL CRISTINA DE BARROS TRANNIN
UNESP-FEG


Prof. Dra. MÁRCIA REGINA DE FREITAS
UNESP - FEG

dedico este trabalho
de modo especial, à minha família.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pelas oportunidades ao longo da jornada acadêmica. Agradeço pela minha vida, minha família e meus amigos,

ao meu orientador, *Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva*, que me incentivou e me orientou em trabalhos acadêmicos ao longo da minha graduação,

à minha mãe, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre me motivou a sair da minha zona de conforto,

aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campos de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento,

Agradeço a todos que de uma forma ou de outra estiveram presentes em partes do trabalho, das reclamações às alegrias, em especial Giovanne, Caio, Diego, Juliana e Bruno.

Meu muito obrigada!

“Tenho em mim todos os sonhos do mundo”

Fernando Pessoa

RESUMO

O desenvolvimento da sociedade culmina em transformações em todos os campos, do pensamento crítico às formas de produção. Assim, com a indústria 4.0 e as novas formas de pensamento da sociedade, a construção civil foca em novas tecnologias mais sustentáveis. O presente trabalho, com o intuito de utilizar e desenvolver o conhecimento neste tema, realiza uma composição da casa tipo de um condomínio na cidade de Itatiba/SP. Dentre as técnicas utilizadas estão: a estrutura em *Light Steel Frame*, a captação de água da chuva e a energia solar. A utilização da estrutura em *Light Steel Frame* torna o cronograma da construção mais enxuto, gerando menos resíduo e utilizando menos água em obra, em comparação com uma estrutura de concreto. Para complementar, a estrutura em *Light Steel Frame* apresenta melhor isolamento térmico e acústico quando comparada com uma estrutura de concreto. A utilização de ecotécnicas foram fundamentais para finalização do projeto, com uma economia de água de 50% em relação a projetos sem captação de água da chuva e um *payback* de 6 anos na utilização de energia solar. Ao fim tem-se um condomínio de 5 casas, cada lote tipo, conforme projetado no presente trabalho, resultando em um condomínio com viabilidade econômica e sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil. Captação de água da chuva. Energia solar. *Light steel frame*.

ABSTRACT

The development of society culminates in transformations in all fields, from critical thinking to the forms of production. Thus, with industry 4.0 and the new ways of thinking of society, civil construction focuses on new sustainable technologies. The thesis has the intention to use and develop the knowledge in this theme, performs a composition of the type house of a condominium in the city of Itatiba/ SP. Among the techniques used are: structure in Light Steel Frame, rainwater harvesting and solar energy. The use of the structure in Light Steel Frame makes the construction faster, generating less debris and with less use of water in the construction, compared to a concrete structure. To complement, the structure in Light Steel Frame presents better thermal and acoustic isolation when compared to a concrete structure. The use of eco techniques was fundamental for project completion, with a water saving of 50% in relation to projects without rainwater harvesting and a 6 years payback in the use of solar energy. At the end, there is a condominium of 5 houses, each type lot as designed in the work, a condominium with economic and sustainable viability.

KEYWORDS: Construction. Rainwater harvesting. Solar energy. Light steel frame.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema de uma edificação sistematizada com a utilização de Ecotécnicas, identificando os insumos de entrada e saída do sistema.....	199
Quadro 1 - Valores de resistência ao fluxo de calor para isolamento de materiais utilizados na construção civil.....	20
Figura 2 – Consumo residencial de energia elétrica na região sudeste	2222
Figura 3 - Características Gerais de um Sistema Solar de Aquecimento	233
Figura 4 - Montagem de Uma Célula Solar, indicando os principais componentes da célula.....	244
Figura 5 - Utilização de Água em uma Residência	255
Figura 6 - Sistema Hidro Sanitário Base de Uma Residência	266
Figura 7 – Produção de Ferro Gusa no Brasil no Período de 1889 a 1930 no Brasil.....	268
Figura 8 - Casa DentroFora, realizada com estrutura em <i>Light Steel Frame</i> em Itú/SP	29
Figura 9 - Localização de Itatiba no Estado de São Paulo	3030
Figura 10 - Ciclo PDSA (Planejar, Realizar, Estudar e Agir) realizado como metodologia no trabalho	35
Figura 11 - Dados da Pluviosidade Média da Cidade de Itatiba/SP.....	377
Figura 12 - Dados pluviométricos da série histórico de Itatiba/SP	388
Quadro 2 - Índice Pluviométrico Médio de Itatiba/SP, em mm, referente à 2018	399
Figura 13 - Vista Superior da Residência Tipo do Condomínio, realizado no Software Autodesk /SP	39
Quadro 3 - Parâmetros de Estimativa da Demanda Residencial de Água Potável para Uso Externo	40
Quadro 4 - Parâmetros de Estimativa da Demanda Residencial de Água Potável para Uso Interno.....	4040
Figura 14 - Dimensões da Cisterna de Acordo com a Capacidade da Mesma.....	43
Quadro 5 - Dados Gerais de Itatiba para o mês de agosto de 2018.....	44
Quadro 6 – Parâmetros para o cálculo da radiação global na Equação 6.....	466
Quadro 7 - Consumo Mensal de Aparelhos Domésticos.....	477
Quadro 8 - Aparelhos Eletrodomésticos Utilizados no Projeto.....	488
Quadro 9 - Radiação média mensal em Itatiba/SP de insolação diária (kWh/m ² .dia)	499
Quadro 10 - Ângulo recomendado de inclinação do painel fotovoltaico de acordo com a latitude local	50
Figura 15 - Modo de Estabilidade do perfil de aço	5252

Quadro 11 - Relação máxima recomendada para a relação largura-espessura dos perfis de aço utilizados na estrutura <i>Light Steel Frame</i>	53
Figura 16 - Exemplificação do uso de fitas e bloqueadores em um perfil de aço	54
Figura 17 - Perfil de <i>Light Steel Frame</i>	55
Figura 18 - Exemplo de configuração do sistema de piso composto de perfis leves de aço zincado, placa de OSB e contrapiso de argamassa – áreas secas.	566
Figura 19 - Exemplo de configuração do sistema de piso composto de perfis leves de aço zincado, placa de OSB, contrapiso de argamassa e camada de acabamento – áreas molhadas.	577
Figura 20 - Tubulação de Entrada e Saída com Flange Lateral	588
Figura 21 - Exemplo de concepção do SVVE (Sistema de vedação vertical externo) com revestimento de fachada em: (19.a) Placa Cimentícia; (19.b) <i>Siding</i> Vinílico; (19.c) Placa de OSB com face externa acabada	599
Figura 22 – Exemplo de concepção do SVVI (Sistema de Vedação Vertical Interno) com função estrutural e exemplo de concepção do SVVI sem função estrutural	60
Figura 23 - Exemplificação da Laje de Uma Cobertura.....	61
Figura 24 - Cobertura em Telhas Cerâmicas ou Outros Materiais	61
Quadro 12 Classe de Transmissão de Som para elementos construtivos, realizando-se a comparação de isolamento acústico e o peso para cada elemento	64
Quadro 13 - Aberturas para Ventilação Visando o Conforto Térmico.....	65
Figura 25 – Verificação do período de Retorno para a Utilização de Energia Solar na Casa Tipo do Condomínio em Itatiba/SP	67
Figura 26 – Verificação do período de Retorno da Cisterna Utilizada na Casa Tipo do Condomínio	69
Quadro 14 - Áreas do Projeto Arquitetônico.....	69
Quadro 15 - Síntese do tema abordado, realizando uma comparação de valores entre aplicar eco técnicas e não aplicar	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comportamento dos índices em porcentagem da população com água encanada, energia elétrica e com coleta de lixo, no estado de São Paulo, nos anos de 1991 a 2010.....	144
Tabela 2 - Evolução da População e Sua Preocupação com a Sustentabilidade	155
Tabela 3 - Irradiância Solar Global Diária no Topo da Atmosfera em MJ/ m ² . dia.....	44
Tabela 4 - Número de horas diárias de brilho solar no topo da atmosfera	455
Tabela 5 - Inteligibilidade da Fala no Recinto Adjacente	633

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	15
2	OBJETIVO GERAL	16
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	SUSTENTABILIDADE	17
3.2	RESIDÊNCIA EFICIENTE ENERGETICAMENTE	18
3.2.1	Conceitos para o Dimensionamento do Sistema Energético.....	19
3.2.2	Eficiência Energética dos Equipamentos Internos	21
3.2.3	Energia Solar	22
3.3	SUSTENTABILIDADE HIDRO SANITÁRIA.....	24
3.4	CASA PRÉ-FABRICADA.....	27
4	MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
4.2	AVALIAÇÃO DE ECOTÉCNICAS	31
4.3	CÓDIGO DE OBRAS E PLANO DIRETOR – ITATIBA/SP	31
4.4	CICLO PDSA	34
5	DESENVOLVIMENTO.....	37
5.1	DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA	37
5.1.1	Estudo da Pluviosidade	37
5.1.2	Dimensionamento	38
5.2	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA.....	43
5.2.1	Estudo da Radiação Solar.....	43
5.2.2	Dimensionamento	46
5.3	ESTRUTURA DA CASA	50
5.3.1	Fachada da Casa.....	62
5.3.2	Desempenho Acústico.....	63
5.3.3	Conforto Térmico	64
6	DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	66
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
	REFERÊNCIAS	74

APÊNDICE A – CASA TIPO DO CONDOMÍNIO	81
APÊNDICE B - PLANTA BAIXA DO CONDOMÍNIO	86
APÊNDICE C – COMPARATIVO AÇO E CONCRETO.....	87
ANEXO D – COMPARATIVO AÇO E CONCRETO REALIZADO NA PLANILHA DO CBCA.....	88
ANEXO E – COMPARATIVO DE CUSTOS AÇO E CONCRETO.....	89
ANEXO F – MÓDULO SOLAR BOSCH – DISTRIBUIDORA KRANNICH SOLAR	90

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é o setor que possui maior participação percentual no Produto Interno Bruto (PIB) setorial, tanto no estado do Sudeste, quanto no Brasil, atingindo um percentual de 20,6% e 23,9%, respectivamente (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2018).

A expressiva participação na indústria enfatiza sua importância perante questões de desenvolvimento. O desenvolvimento ligado não apenas ao crescimento econômico, mas também ao crescimento educacional, sustentável, urbano e social (VEIGA, 2005).

A industrialização do Brasil ocorreu de forma mais intensa nas décadas de 60 e 70 (SANTOS, 2017), ao mesmo tempo em que discussões a cerca do desenvolvimento sustentável se intensificavam (CAVALCANTI *et al.*, 1994), fazendo que o mesmo fosse desvinculado do conceito de crescimento econômico apenas, impulsionando a construção civil no mesmo âmbito.

O desenvolvimento sustentável e o relacionamento entre as nações, facilitado através da globalização, fez com que as preocupações individualizadas se transformassem em preocupações globais, culminando na primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em 1972 (CAVALCANTI *et al.*, 1994). “A conferência de Estocolmo contribuiu significativamente para que o meio ambiente conquistasse a atenção da comunidade internacional, como desejavam os mais fervorosos ambientalistas” (LAGO, 2006, p.32-33).

A nova visão de uma economia limitada pelas leis da natureza:

Equivale a dizer que existe uma combinação suportável de recursos para realização do processo econômico, a qual pressupõe que os ecossistemas operam dentro de uma amplitude capaz de conciliar condições econômicas e ambientais. Em outras palavras, não se pode aceitar que a lógica do desenvolvimento da economia entre em conflito com a que governa a evolução da biosfera (CAVALCANTI *et al.*, 1994, p.8).

O uso de políticas relevantes - Conferências, protocolos e agendas internacionais – fez e faz com que ocorra essa transformação gradativa de pensamento econômico também nos métodos construtivos (CAVALCANTI *et al.*, 1994). Atualmente a Agenda 2030 e seus objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) regem as metas futuras dos países membros da Organização das Nações Unidas (ONU), assim como o Brasil (BUSS, 2017; AGUIAR, 2017).

A agenda 2030 traz listados dezessete objetivos, e entre eles, é importante ressaltar para o presente trabalho, os objetivos 6.a e 7.2, que frisam o uso eficiente da água, assim como o uso de energias renováveis (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2018).

Visto os objetivos principais, os dados coletados e apresentados no *site* do Atlas Brasil (2018) indicam uma melhora nos índices de habitação no estado de São Paulo, conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Comportamento dos índices em porcentagem da população com água encanada, energia elétrica e com coleta de lixo, no estado de São Paulo, nos anos de 1991 a 2010.

Ano	Porcentagem da população em domicílios com água encanada	Porcentagem da população em domicílios com energia elétrica	Porcentagem da população em domicílios com coleta de lixo
1991	95,59	99,02	95,72
2000	97,30	99,64	98,77
2010	98,57	99,91	99,62

Fonte: Atlas Brasil (2018).

A Tabela 1 exibe um aumento de 3,12% em relação à água encanada em domicílios, quando dividido o percentual obtido em 2010 com o percentual obtido em 1991, assim como, 0,90% em domicílios com energia elétrica e 4,07% em relação a coleta de lixo. Essa melhora mostra a aplicação da construção civil no desenvolvimento da sociedade, no que diz respeito a saneamento e moradias adequadas.

Essas melhorias, assim como outras, são buscas contínuas por questões que precisam de transformações, como: geração de resíduos; perda de material e interferência no meio físico e biótico (MACHADO, 2014; AGUIAR, 2017). Essa busca e o crescente gerenciamento na construção civil fazem que ao decorrer do desdobramento de ecotécnicas, a obra seja mais racionalizada, com materiais de melhor desempenho, de forma a aproveitar da melhor forma a iluminação solar e a pluviosidade local (APEMEC, 2012).

A evolução sempre vem acompanhada de novas exigências de um mercado consumidor cada vez mais preocupado com a qualidade do produto final, aliando sua necessidade a uma busca sustentável. Com isso tem-se a sustentabilidade urbana, que gera qualidade de vida, assegura a sobrevivência de populações futuras e gera menor impacto ambiental. (LANTELME, 1994).

1.1 JUSTIFICATIVA

Devido à forte questão sustentável crescente, que tem base em meados da década de 70, com a industrialização e com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em 1972, em que a preocupação com o meio ambiente, como pode ser verificado na Tabela 2, reverte em maior reciclagem de lixo (aumento de 65 milhões) e menor quantidade de chumbo emitida (diminuição de 200 10^3 toneladas). Todavia, verifica-se também, uma população crescente (aumento de 3,1 milhões) em que inevitavelmente ocorre maior geração de lixo (aumento de 108 toneladas) e maior emissão de gás carbônico atmosférico, CO₂, (aumento de 10,5 10^9 toneladas por ano).

Tabela 2 - Evolução da População e Sua Preocupação com a Sustentabilidade

Classe de Ruído	1970	1990	2003
População Global	3,3 bilhões	5,4 bilhões	6,4 bilhões
10 ³ toneladas de chumbo emitidas (Estados Unidos)	204	5,0	4,0
Toneladas de lixo reciclado	8 milhões	49 milhões	73 milhões
Toneladas de lixo geradas por ano (Estados Unidos)	121 milhões	160 milhões	229 milhões
Porcentagem do orçamento federal investido no meio ambiente (Estados Unidos)	3%	1,50%	2,90%
CO ₂ - em 10 ⁹ toneladas/ano	14	21	24,5

Fonte: Hinrichs; Kleinbach (2010)

Com isso, a concepção do trabalho tem como base a evolução da sociedade e a inserção da engenharia civil nesse contexto, a fim de demonstrar a possibilidade de inclusão de novas tecnologias disponíveis no mercado, de forma a aliar conforto ambiental com a preservação do ambiente ao qual a construção está inserida, preservando recursos naturais e financeiros a longo prazo.

As técnicas utilizadas foram: energia solar, captação de água da chuva e estrutura em *Light Steel Frame*.

2 OBJETIVO GERAL

Utilizar ecotécnicas e um sistema de construção a seco na implantação de um condomínio, no município de Itatiba/ SP, no projeto da casa tipo, que vise uma redução do custo energético e de abastecimento de água, com viés sustentável.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a pluviosidade local;
- Estudar a insolação local;
- Estudar o conceito e a utilização do *Light Steel Frame*;
- Verificar a viabilidade econômica do reservatório de água pluvial para o morador;
- Verificar a viabilidade econômica do sistema solar para o morador;
- Verificar a viabilidade da utilização do sistema *Light Steel Frame* para o vendedor do empreendimento.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SUSTENTABILIDADE

Um conceito muito utilizado e difundido nas mais diversas áreas, como economia, construção civil, sociedade, entre outras, é o conceito de sustentabilidade. Mas o que é afinal ser sustentável?

O termo sustentável vem do latim "sustentare", que significa cuidar, conservar. Com tal definição, o ser sustentável é aquele que conserva e cuida de algo determinado. Segundo o Relatório Brundtland, de 1987, o qual foca na harmonia entre o desenvolvimento sustentável e o desenvolvimento tecnológico, foi um dos alicerces no desenvolvimento do tema (ONU, 2018). Vale ressaltar que os padrões de consumo advêm de uma época remota, época do feudalismo, em que o consumo era questão de *status* dentro de uma classe social ociosa, e no século XX se torna questão da busca pelo prazer pessoal (TASCHNER, 2017). Entre algumas medidas adotadas no relatório, as que influenciam a construção civil, são:

- Diminuição do consumo de energia, com utilização de fontes de energia renováveis;
- Proteção de ecossistemas.

Desta forma, a indústria da Construção Civil possui, assim como as demais indústrias, ao longo do tempo e com a mudança de pensamento, novas concepções de competitividade empresarial.

O que a mantém e a propulssiona atualmente, é diferente do que a propulssionava antigamente. Atualmente, o âmbito social e o meio ao qual a empresa está inserida faz parte da atuação empresarial, que sai apenas do âmbito econômico de produção e lucro próprio (LIBRELOTTO, 2005).

Essas mudanças afetam de forma intensa o ambiente social e político em que a empresa atua, criando novas diretrizes e limitações para que a empresa possa operar de forma eficaz, segundo uma ótica em que não leva em conta apenas a maximização do retorno financeiro a seus proprietários (SCHWANKE, Cibele apud DONAIRE, 1995, p. 14¹).

¹ SCHWANKE, Cibele. **Ambiente:** tecnologias: série Tekne. Porto Alegre, 2013. apud DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na Empresa**. 2 ed. São Paulo. Atlas, 1999.

Com isso, tem-se o novo olhar da Construção Civil para a sustentabilidade e o desenvolvimento de casas parcialmente auto sustentáveis, com o objetivo final de aproveitar melhor o recurso oferecido pelo ambiente, reduzindo gastos econômicos e desperdícios.

3.2 RESIDÊNCIA EFICIENTE ENERGETICAMENTE

O consumo de energia elétrica nas edificações, sejam estas: residenciais, comerciais, públicas ou de serviços, corresponde a aproximadamente 50% do consumo de energia elétrica no Brasil (ELETROBRÁS, 2007). Segundo este dado e a atuação de técnicas de eficiência energética, promovidas por lei (Lei Nº10.295, de 17/10/2001) e também por selos de qualidade ambiental como *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), acabam por estimular a redução do consumo elétrico através de técnicas eco eficientes, que contribuem no macro (redução de consumo nacional) e no micro (diminuição de gastos com energia elétrica local).

Essa diminuição com gastos de energia local, seria uma geração descentralizada de energia, ou seja, podendo essa geração ser autônoma ou ligada à rede (VIGGIANO, 2002).

Dado que o potencial natural de recursos não existe concentradamente, o seu emprego (das energias renováveis) é feito através de pequenas instalações, abandonando assim o sistema de poucos grandes investimentos, entrando no sistema de muitos pequenos investimentos e saindo do abastecimento de energia internacional e indo para o auto abastecimento regional e individual (Viggiano apud Scheer, 2000²).

Em 2010 a Comissão Europeia aprovou no Desempenho Energético dos Edifícios (EPDB), que até 2020, os novos edifícios sejam praticamente de consumo de energia zero (*Net Zero Energy Building*), obrigando construtoras a se voltarem para esse novo mercado, em que deixará de ser mero diferencial e passará a ser questão de competitividade (SUDBRACK, 2017).

Ao analisar a edificação como sendo parte integrante do ambiente, podemos perceber a formação de um sistema. Um modelo de sistema para a edificação baseada no conceito de arquitetura ecológica, encontra-se na Figura 1:

² VIGGIANO, Mário Hermes S. **autonomia energética em residências unifamiliares**: a experiência do projeto casa autônoma. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 2002, Foz do Iguaçu, PR. apud SCHEER, Hermann. **A Era Solar, Deutschland**, nº 5, outubro/novembro de 2000, 66 p.

apresenta os materiais mais comuns na construção civil, com seus respectivos valores de resistência ao fluxo de calor (R).

Quadro 1 - Valores de resistência ao fluxo de calor para isolamento de materiais utilizados na construção civil

Material	Espessura	Valor R (pés ² -h-°F/Btu)
Madeira Dura	1"	0,91
Madeira Mole	1"	1,25
Madeira Compensada	1/2"	0,62
Bloco de Concreto	8"	1,04
Tijolo de Concreto	1"	0,2
Placa de Reboco (gipsita)	1/2"	0,45
Isolamento de Fibra de Vidro	6"	19,0
Placa de Poliestireno expandido	1"	4
Placa de poliuretano expandido	1"	6,3
Isolamento de celulose	1"	3,7
Revestimento "thermax" ou "alto R"	1"	8
Vidro Plano	1/8"	0,88
Vidro Isolante	Espaço de ar de 1/4"	1,54
Entrepiso de madeira	25/32"	0,98
Piso de madeira dura	3/4"	0,68
Carpete de Náilon	1"	2
Telha		0,05
Telha de Asfalto		0,44
Telha de Amianto		0,21
Aço	1"	0,0032
Cobre	1"	0,004
Laterais de madeira (polida)	1/2"	0,81

Fonte: Hinrichs; Kleinbach; Reis (2010).

A taxa de fluxo de calor por meio de condução é dada segundo a Equação 1:

$$\frac{Qc}{t} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{\delta} \quad (1)$$

em que:

- "k" é a condutividade térmica do material;
- "A" é a área da superfície do material;
- "δ" é a espessura do material;
- "ΔT" é a variação de temperatura;

O “R” é a razão entre $\frac{\delta}{k}$. Percebe-se no Quadro 1 que os melhores isolantes são: o isolamento de fibra de vidro, o revestimento “thermax” ou “alto R”, pois apresentam maior valores de R, indicando melhor propriedade de isolamento do material.

Percebe-se que para o mesmo valor de R, como por exemplo 22 pés – h- °F/Btu, seriam necessários 7” de fibra de vidro, conforme Equação 2:

$$\frac{22}{19} = \frac{x}{6}, \text{sendo } x = 7" \quad (2)$$

Assim como 110” de tijolo de concreto, conforme Equação 3:

$$\frac{22}{0,2} = \frac{x}{1}, \text{sendo } x = 110" \quad (3)$$

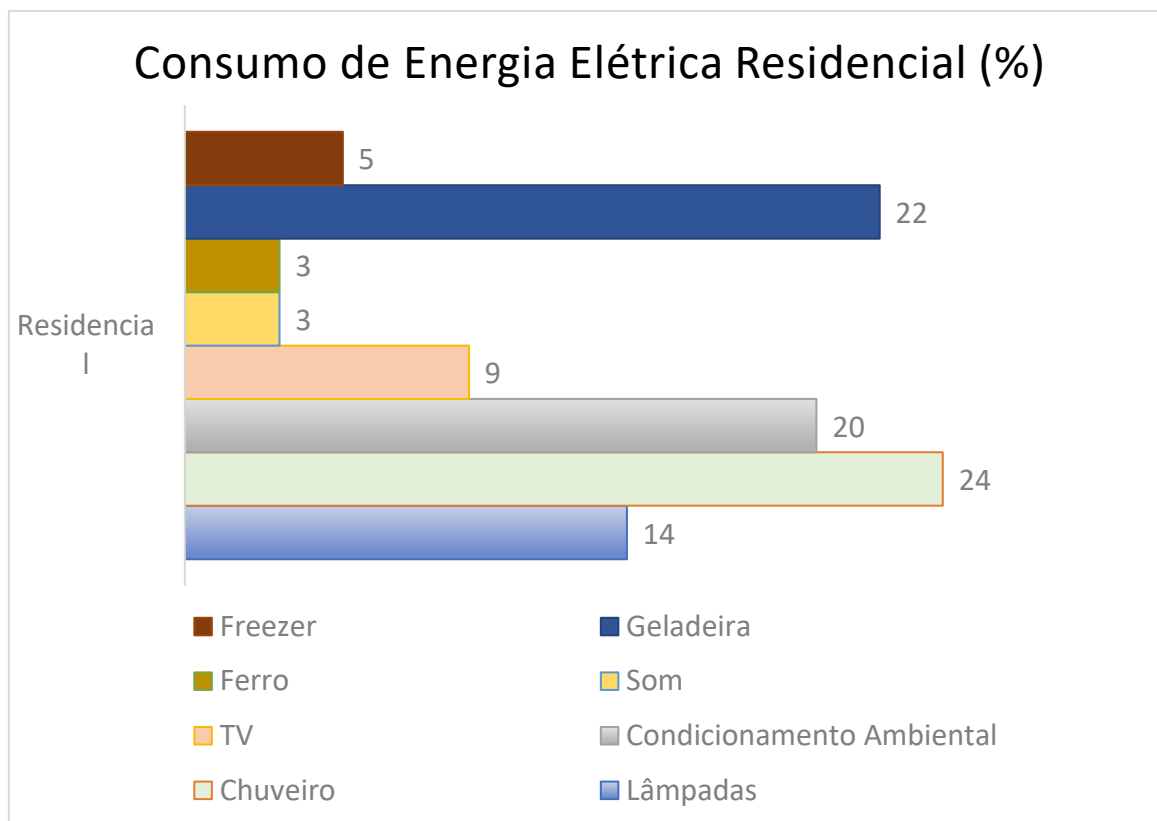
Essa comparação evidencia o potencial de se utilizar materiais diferentes dos convencionais em prol do conforto térmico. (HINRICHS; KLEINBACH ; REIS, 2010)

3.2.2 Eficiência Energética dos Equipamentos Internos

Além da eficiência dos materiais empregados na estrutura residencial, tem-se o consumo energético dos equipamentos internos a essa residência. A escolha de produtos que economizem energia, ou seja, que são mais eficientes, resultará num projeto de melhor dimensionamento.

A fim de verificar o consumo residencial internamente, através do Figura 2, retirado da pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, para a região sudeste, classe residencial, com ano base em 2005:

Figura 2 – Consumo residencial de energia elétrica na região sudeste



Fonte: ELETROBRÁS (2007).

Percebe-se, através da Figura 2, as principais utilizações de energia elétrica em uma residência, entre elas, destaca-se o chuveiro, a geladeira, as lâmpadas e o condicionamento ambiental.

Os eletrodomésticos e lâmpadas podem ter seus consumos de energia elétrica reduzidos, sendo mais eficientes através dos selos Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), indicando que é um produto que dentro de sua categoria, consome menos energia, formando uma estratégia ativa de eficiência energética. Já o condicionamento ambiental é reduzido a partir de um isolamento térmico mais eficaz.

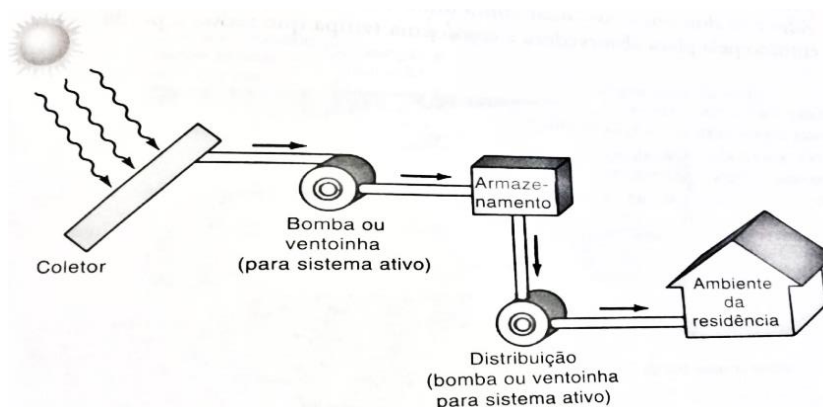
3.2.3 Energia Solar

Uma estratégia ativa de eficiência energética é a energia solar, utilizada através da radiação solar, a fim de gerar energia para os insumos internos e aquecimento, como no caso de chuveiros. A radiação solar incidente é chamada de insolação e esta será utilizada na geração de energia (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2010).

O sol possui variação de sua posição ao longo do ano. Nos meses de inverno, o sol está em uma altitude menor, o que acarreta em uma insolação maior em uma superfície vertical, o contrario tem-se no verão. Como o sol no verão se encontra a uma altitude maior, a insolação tende a ser maior em superfícies planas (HINRICHS, KLEINBACH e REIS, 2010).

Os sistemas solares de aquecimento, como pode ser visto na Figura 3, são formados por um aparelho de coleta, um local de armazenagem e um sistema de distribuição. Esse aquecimento pode ser realizado de forma passiva ou ativa. A forma ativa implica em um fluido (água ou ar) circulando através de um ventilador ou bomba, já o sistema passivo utiliza a circulação do fluido por meios naturais (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2010).

Figura 3 - Características Gerais de um Sistema Solar de Aquecimento

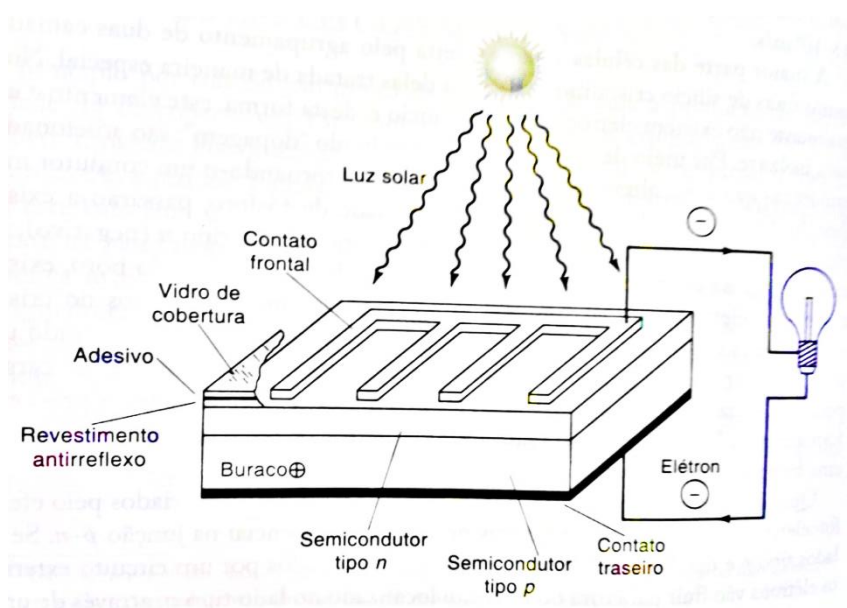


Fonte: Hinrichs; Kleinbach; Reis (2010).

O conceito por trás da tecnologia de conversão de energia solar em elétrica é a descoberta do efeito fotoelétrico, que consta na observação de que quando a luz incide sobre determinados metais existe a emissão de elétrons do mesmo (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2010).

O metal comumente empregado é o silício, em que recebendo a luz incidente, emite elétrons para a outra placa de silício. Conforme Figura 4, uma placa será a placa responsável por emitir elétrons e a outra por possuir “buracos” (ao adicionar impureza ao silício, este tem uma menor quantidade de elétrons, que resulta num reajuste da forma cristalina, de forma a criar os chamados “buracos” na placa). A conexão de ambas as placas resulta numa corrente no sentido da formação do elétron para o buraco. A corrente é proporcional à quantidade de luz incidente e ao tamanho da célula (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2010).

Figura 4 - Montagem de Uma Célula Solar, indicando os principais componentes da célula



Fonte: Hinrichs; Kleinbach; Reis (2010).

A saída de energia da célula é corrente contínua, que pode ser utilizado diretamente em lâmpadas. Nos demais casos, em que há necessidade de corrente alternada é necessária a utilização de um inversor, que converterá corrente contínua em alternada. Fica como opção a utilização de um armazenador (bateria) e para isso um estabilizador, que evita a sobrecarga. Ao não optar pela utilização de baterias, as produções acima do necessário podem ser vendidas para as distribuidoras de energia locais, gerando créditos na rede, que são abatidos do valor da conta de energia do mesmo titular.

Ao escolher a geração dos créditos de energia, o titular poderá optar, visto que dentro da mesma área de concessão da mesma distribuidora em que o mesmo gerou créditos, pelo abatimento dos créditos de outra unidade consumidora em que também é titular, conforme REN 482/2012.

3.3 SUSTENTABILIDADE HIDRO SANITÁRIA

Segundo os Efeitos das Mudanças Climáticas Sobre os Recursos Hídricos: Desafios para a Gestão – relatório da Agência Nacional de Águas:

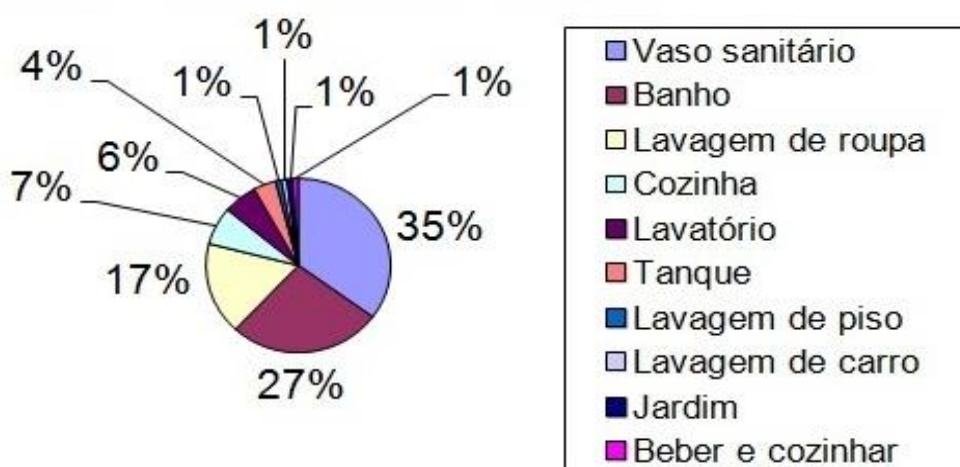
Parte do cenário desejável para o futuro corresponde a uma situação em que a disponibilidade hídrica é maior que a demanda, válida para todas as bacias hidrográficas, aí evidentemente incluídos os aspectos quantitativos e qualitativos. Tudo indica, entretanto, que, ao longo do século XXI, a disponibilidade dos recursos hídricos diminuirá (ANA, 2010, p.9).

Frente a esta situação, a sustentabilidade hidro sanitária torna-se importante, tanto relacionado ao setor de forma macro ou micro. O interesse do presente trabalho neste item é a motivação do micro setor, constituído de residências, como o condomínio em questão, de forma que a ação isolada também contribui em uma melhor situação para uma ação coletiva.

O sistema hidro sanitário corresponde às águas pluviais, coletadas e limpas e águas servidas (VIGGIANO, 2001). A base da sustentabilidade no caso reflete no não desperdício de água, assim como da reutilização da mesma para ambientes que não necessitem de água potável, como por exemplo, bacias sanitárias, lavagem de calçadas, pisos e veículos, pátios e irrigação.

Segundo dados da Figura 5, observa-se os itens em que se pode utilizar a água de reuso, como: vaso sanitário (37%), lavatório (6%), lavagem de piso e de carro (2%), correspondendo ao todo 45% do consumo residencial. Este fator demonstra o quão significativo é o reuso da água residencial, salientando eficácia para o presente trabalho.

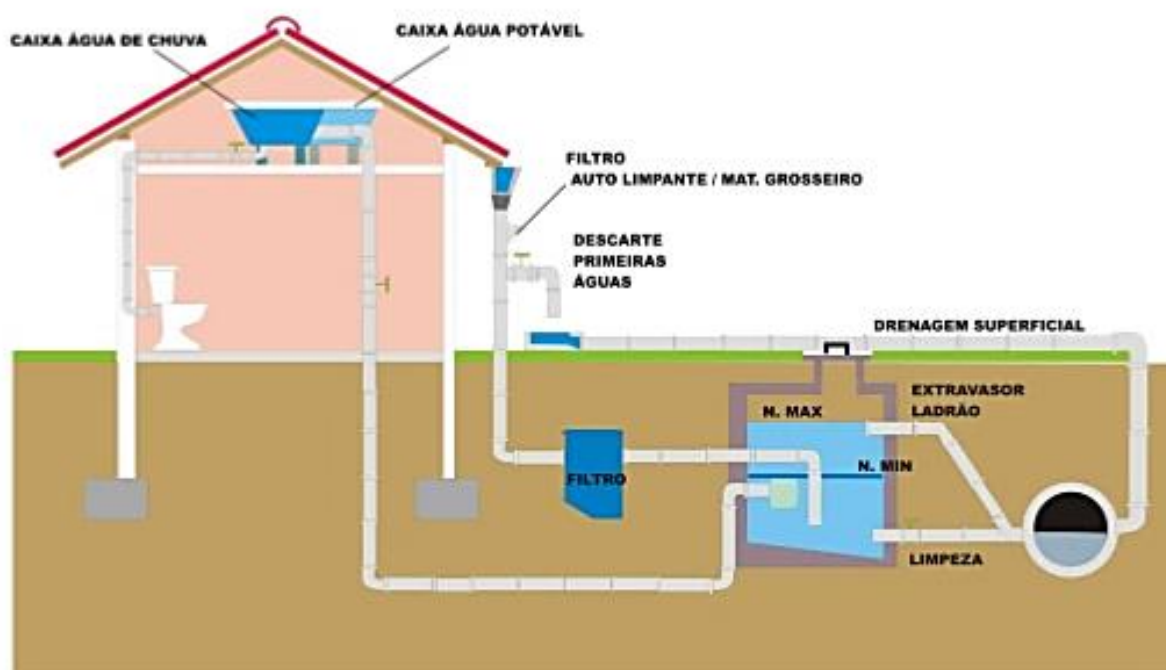
Figura 5 - Utilização de Água em uma Residência



Fonte: Oliveira et al (2012).

O esquema básico de um sistema hidro sanitário pode ser observado na Figura 6:

Figura 6 - Sistema Hidro Sanitário Base de Uma Residência



Fonte: Götter Filho (2016).

A Figura 6 ilustra o sistema hidro sanitário de uma residência, em que visualiza-se a utilização de caixa de água de chuva para fins não potáveis como bacia sanitária, porém, a água da chuva passa por um processo de purificação, através de filtro e decantação.

É importante ressaltar que a canalização de água reutilizada deve ser separada da água limpa, para que não ocorra contaminação (GÖTTER FILHO, 2016).

A intensidade pluviométrica, assim como a contribuição da pluviosidade local para o armazenamento de água pluvial vai depender do clima local e da área de contribuição (Norma NBR 10844, 1989). A área de contribuição dependerá da cobertura da casa, se a mesma é plana ou inclinada e a porcentagem de inclinação.

A utilização de cisternas requer alguns cuidados devido à água da chuva entrar em contato com poluentes, tanto na superfície atmosférica, como no próprio telhado residencial. Ao escorrer pelas telhas do telhado e pela calha, a água leva consigo impurezas. Para isso, faz necessário um filtro inicial que retém as impurezas mais grossas, como galhos e folhas (IPT, 2015).

Mesmo assim, a água continua contendo partículas pequenas de impurezas. Para prolongar o armazenamento da água na cisterna, a fim de evitar a proliferação de algas e

microorganismos, recomenda-se o uso de 10 ml de água sanitária para 100 L de água armazenada (IPT, 2015).

3.4 CASA PRÉ-FABRICADA

A revolução industrial não é apenas um fato histórico e sim um fato contínuo de melhoramento da produção com enfoques diferentes ao longo do tempo.

Atualmente, a Indústria 4.0, ou manufatura avançada, traz para as empresas uma nova visão de mercado, que prioriza a utilização da tecnologia para diminuição de gastos e melhoria da produção. Seu conceito e aplicação chega no âmbito da engenharia civil, através do *Building Information Model* (BIM) e de novas formas de produção, com a tendência de se “industrializar” a construção civil.

A dificuldade da construção civil em se industrializar e tornar seu processo mais eficiente são as construções pequenas, que não ocorrem em massa, e muitas vezes sem qualificação, provocando o desperdício de materiais e cronogramas estendidos (anotação de aula).³

A construção de casas pré fabricadas torna essa indústria mais seriada, ao ponto que toda a estrutura é pensada de forma a se evitar o desperdício posterior e adequar o projeto a um cronograma mais enxuto.

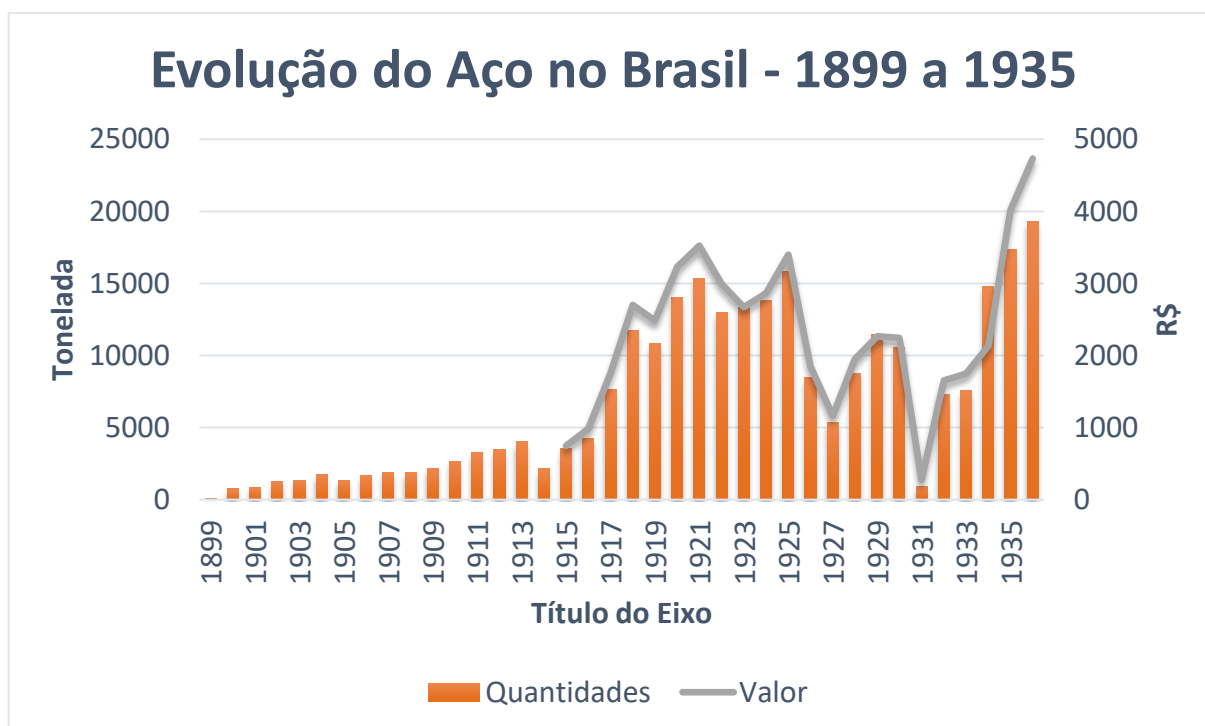
Com o objetivo de evitar o desperdício e reproduzir casas rapidamente, o conceito de casas pré fabricadas originou-se na expansão dos Estados Unidos e ficou mais evidente no pós segunda guerra mundial, em que a reconstrução das cidades era necessária (PENNA, 2009).

Inicialmente foi utilizada a madeira, em estruturas chamadas de *Ballon Framing*, que possuíam como vedação peças também de madeira, originando o sistema construtivo *Wood Frame* (PENNA, 2009).

Com o desenvolvimento da indústria do aço foi possível a criação do primeiro protótipo de uma residência em *Light Steel Frame*, em 1933, lançado na Feira Mundial de Chicago. Nessa mesma época percebe-se no Brasil um aumento significativo da produção do aço nacional (PELAEZ, 1970), conforme Figura 7:

³ Notas de aula da professora M. R. de Freitas na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, UNESP, Guaratinguetá, em 2018.

Figura 7 - Produção de Ferro Gusa no Brasil no período de 1899 a 1930



Fonte: Pelaez (1970).

Na Figura 7 extrai-se um aumento de 19.209 toneladas métricas em 53 anos de produção do ferro gusa. Um aumento de mais de 240% de produção, representando um valor significativo. Mesmo com o avanço da produção do aço no Brasil, o sistema ainda é pouco difundido nacionalmente, apenas em 1998 surgiram as primeiras construções em *Light Steel Frame*.

Com praticamente 21 anos de construção no Brasil, ainda é uma construção pouco difundida. Segundo dados de 2018 do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA, 2019), o estudo realizado com produtores de estruturas de aço mostrou que o mercado apresentou queda de 13% em 2017, na comparação com 2016, representando um uso da capacidade instalada de fabricação de estruturas em aço de apenas 41%.

A queda no mercado vem acompanhada da conjuntura política-econômica, assim como também pode ser observada a queda na utilização de cimento, de 2017 para 2016, de 8,7%, segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2019).

Apesar da queda de produção em 2017, o sistema oferece vantagens na produção, como:

- O aço é 100% reciclável;
- Economia de tempo na execução;
- Permitem vãos mais amplos;
- Flexibilidade de modificação da construção, como ampliação;
- Racionalização de materiais;
- Estruturas mais leves;
- Redução do canteiro de obras;
- Precisão da estrutura.

A Figura 8 ilustra uma residência em *Light Steel Frame*, em que se pode perceber a utilização de grandes vãos, que influi na ventilação residencial, assim como na iluminação.

Figura 8 – Casa DentroFora, realizada com estrutura em *Light Steel Frame* em Itú/SP



Fonte: Banco de Obras (2019).

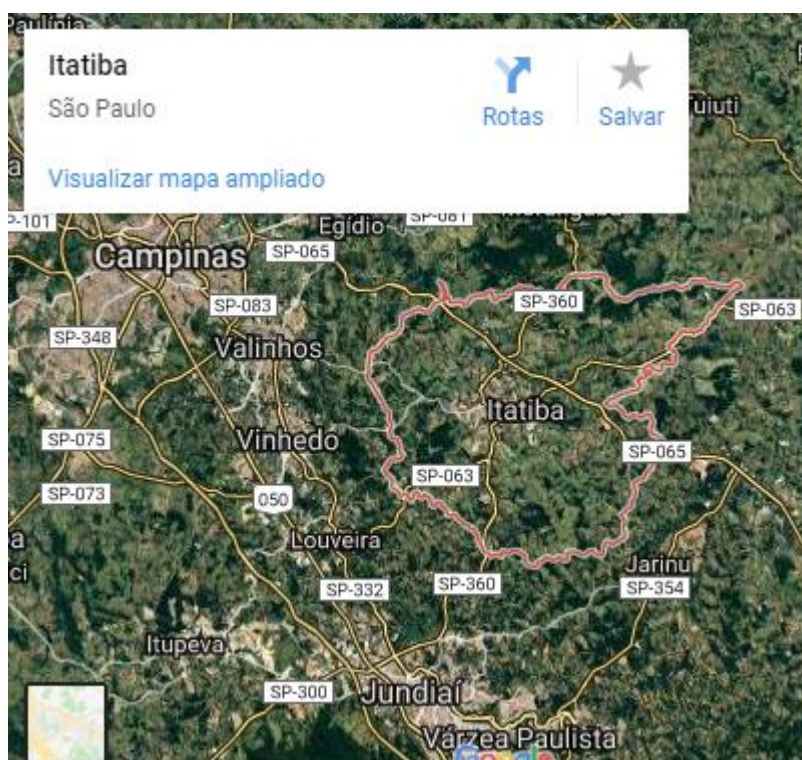
Visto as vantagens apresentadas, as mesmas encontram em harmonia com a proposta do trabalho, de tornar a construção mais sustentável ao meio em que está inserida.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Itatiba está localizada a 80 Km da capital São Paulo, no estado de São Paulo, conforme Figura 9. Possui uma área total de 322 km², totalizando uma área urbana de 26,12 m². Sua base econômica é a indústria por se localizar próximo à capital e a regiões de desenvolvimento industrial, como a Região Metropolitana de Campinas e a Região Administrativa de Jundiaí. Recebe igual destaque o setor moveleiro e a produção de hortifrutigranjeiros (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE ITATIBA, 2018).

Figura 9 - Localização de Itatiba no Estado de São Paulo



Fonte: Google (2018).

Seus índices a indicam como uma das melhores cidades do estado de São Paulo para se viver, segundo pesquisa encomendada pela Assembleia Legislativa à Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). E segundo o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM), similar ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da Organização das

Nações Unidas (ONU), Itatiba é o terceiro melhor município do Brasil para se viver (PREFEITURA DO MUNICIPIO DE ITATIBA, 2018).

4.2 AVALIAÇÃO DE ECOTÉCNICAS

A escolha de cada ecotécnica utilizada teve como base:

- Energia solar

O aumento tarifário das empresas de distribuição, como via de repasse dos gastos da geração de energia muitas vezes realizadas por termelétricas, que suportam o déficit dos reservatórios das hidrelétricas. Isso faz com que cresça uma necessidade de diversificação da matriz energética.

- Captação de água pluvial

O uso da captação de água pluvial também faz referência aos baixos índices pluviométricos médios que ocorrem no Brasil, principalmente na região nordeste. O uso prevê uma forma de assegurar o uso da água de forma consciente, a fim de que a água potável seja utilizada em locais que realmente necessitem dos parâmetros de potabilidade.

- Estrutura *Light Steel Frame*

A estrutura em *Light Steel Frame* apresenta principalmente a industrialização do setor, à medida que o mesmo é pré-fabricado, diminuindo o tempo de obra, o canteiro de obra e a geração de resíduos da construção civil.

4.3 CÓDIGO DE OBRAS E PLANO DIRETOR – ITATIBA/SP

Serão indicadas algumas normativas referentes ao código de obras vigente no município de Itatiba, que possui importância para a criação do projeto. Segundo o Código de Obras de Itatiba, Lei Nº 2965 de 1997, tem-se:

- “Os beirais que possuírem largura máxima de até 1,00m (um metro) não serão computados como área construída;

- As coberturas de material derivado de petróleo tipo poliestireno, policarbonato, lona ou similar e coberturas metálicas podem ser utilizadas até o limite de 10% (dez por cento) da área de construção aprovada em projeto;
- Excetuadas as residências unifamiliares, toda edificação deverá ser dotada de abrigo destinado à guarda de lixo, localizado no interior do lote e com acesso direto à via pública” (LEI Nº 2965/ 1997).

Além do código de obras há a lei complementar, Lei nº 3.761 de 2004, com as seguintes disposições, sobre condomínio deitado, tema do trabalho:

- “Entende-se por condomínio deitado aquele que se estabelece na construção de edifícios térreos e/ou assobradados, em lote de terreno com acesso por via pública que contenha área inferior a 20.000m² (vinte mil metros quadrados), no perímetro urbano ou de expansão urbana, e em conformidade com o disposto na Lei Federal nº 4.591, de 16 de dezembro de 1964.
- O condomínio deitado refere-se a um conjunto de residências de construções e não a lotes de terrenos, não estabelecendo, portanto, o parcelamento do solo, tendo como características:

I - Os edifícios constituirão as unidades autônomas, do conjunto de residências, nas quais estarão incluídas as áreas destinadas à utilização exclusiva das casas;

II - O conjunto de residências poderá ser fechado, cercado ou murado, de modo que as vias internas de comunicação convirjam para uma via pública, através de portões de entrada ou outro dispositivo; e

III - admite-se a formação do condomínio também na hipótese em que cada coproprietário arque com a respectiva obra, ressaltando-se que, neste caso, a averbação só é possível após a construção de todas as unidades, com subsequente registro e especificação do condomínio” (LEI Nº 3.761/2004).

A lei municipal de uso e ocupação dos terrenos e das edificações Lei N.º 4.443 de 2012, determina os locais onde os condomínios deitados poderão ser implantados:

“§ 1º. Os projetos para implantação do condomínio deitado deverão atender as condições a seguir:

I – A testada dos terrenos para as vias internas não deverá ser menor que 7,50m (sete metros e cinquenta centímetros);

II - A área mínima de terreno da unidade autônoma deverá ser de 200m² (duzentos metros quadrados);

III - os índices de utilização deverão ser aplicados à área da unidade autônoma, sendo no máximo:

- a) ocupação: 80%;
- b) aproveitamento: 2,5; e
- c) índice de impermeabilização: 0,85.

IV - Deverá ser reservada no mínimo quarenta por cento (40%) da área total do condomínio para ruas, equipamentos comunitários e praças;

V - O gabarito máximo das edificações deverá ser de dois (02) pavimentos, excluído da garagem situada no nível da rua;

VI - A apresentação, pelo requerente, de documento expedido pela Companhia de Saneamento Básico e Esgoto do Estado de São Paulo (SABESP), ou órgão que a suceda, aprovando as plantas das redes de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto para as casas, e assegurando a instalação dessas redes;

VII - As construções térreas ou assobradadas dos condomínios deitados deverão ter no mínimo 120,00m² (cento e vinte metros quadrados) na construção principal.

§ 2º. As vias internas para a circulação de veículos deverão ser executadas com no mínimo 12,00m (doze metros) de largura.

§ 3º. As vias para circulação de pedestres deverão ser executadas com as seguintes características:

- a) largura mínima de 4,00m (quatro metros);
- b) interligação à via de circulação interna de veículos, tendo declividade longitudinal máxima igual a 22% (vinte e dois por cento), sendo que acima de 25% (quinze por cento) a via deverá ser dotada de escadarias.

§ 4º. Quaisquer construções internas no terreno deverão respeitar o recuo frontal mínimo de 3,00m (três metros), exceto subsolo, garagens, guaritas e piscinas.

§ 5º. Deverão ser executados projeto e construção de equipamentos urbanos de no mínimo:

- a) uma praça;
- b) um *play-ground*;

c) um mini-campo de areia, de grama ou quadra poliesportiva.

§ 6º. Poderão ser implantados condomínios deitados contíguos, desde que cada um deles seja dotado de acesso por via pública diversa.

§ 7º. Serão exigidas para os condomínios deitados, no que couber, as normas técnicas aplicáveis a loteamentos” (LEI N.º 4.443, de 01 de fevereiro de 2012).

A fim de complementar as informações listadas acima, segue com o Plano Diretor vigente, Lei N.º 4325, que tem como objetivo condicionar a utilização do solo urbano aos princípios de proteção do meio ambiente e de valorização do patrimônio cultural.

O macrozoneamento é constituído pelas seguintes áreas:

I - macrozona urbana: área efetivamente ocupada ou já comprometida com a ocupação pela existência de parcelamentos urbanos implantados ou em execução, sendo a porção que concentra maior infraestrutura no Município delimitada administrativamente;

II - macrozona rural: é aquela que se opõe à macrozona urbana, onde a organização do espaço caracteriza o imóvel rural, o qual se destina à exploração agrícola, pecuária ou agroindustrial, não podendo existir o parcelamento do solo para fins urbanos;

III - macrozona de expansão urbana: é aquela destinada à futura ocupação com atividades urbanas, na qual incide o Imposto Territorial Rural, para fins tributários, enquanto seu uso efetivo for rural”.

Assim, o presente trabalho cumpre com a função social da propriedade da macrozona urbana. Verifica-se no Anexo II a planta baixa do condomínio.

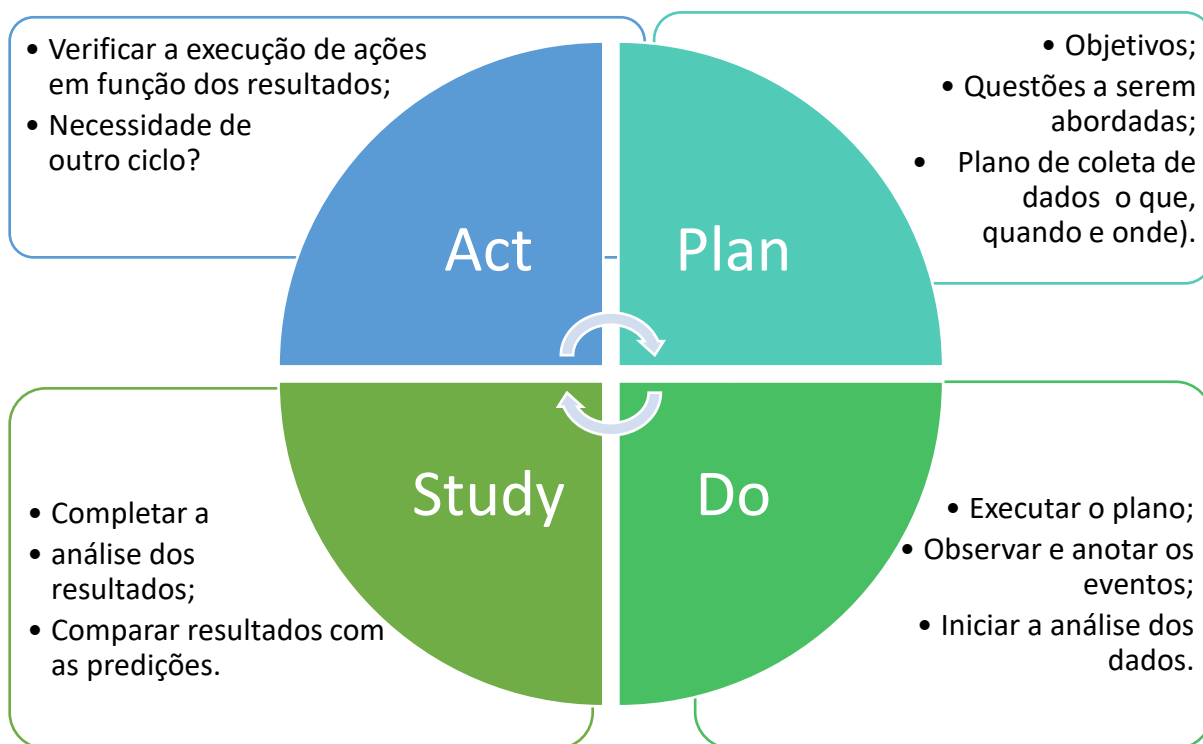
4.4 CICLO PDSA

O trabalho tem como base de metodologia o ciclo PDSA, que é um roteiro de aprendizado e tem como base o ciclo PDCA (Planejar, Executar, Checar e Agir), criado em 1920 por Walter A. Shewhart e disseminado por William Edward Deming, quem criou o ciclo PDSA. A criação utiliza ao invés da etapa “Checar” a palavra “Estudo”, que busca compreender e não apenas verificar o que foi realizado (EDTI,2019; QUALIDIA, 2019). PDSA, portanto, significa:

- “*Plan*” – Planejar;
- “*Do*” – Realizar;
- “*Study*” – Estudar;
- “*Action*” – Agir

O ciclo se resume na Figura 10:

Figura 10 - Ciclo PDSA (Planejar, Realizar, Estudar e Agir) realizado como metodologia no trabalho



Fonte: Elaborada pelo Autor.

O ciclo da Figura 10 possui etapas que direcionam o trabalho, a fim de que, ao final do mesmo, obtenha-se uma análise mais completa. Inicialmente, traça-se os objetivos e as questões a serem abordadas, bem como a forma que serão abordadas. No caso, o objetivo é o projeto de um condomínio sustentável, realizando um embasamento teórico e posteriormente um estudo específico da pluviosidade, insolação e da estrutura.

A execução é realizar o estudo de pluviosidade e da insolação, observando e anotando os eventos, a fim de iniciar a análise dos dados que viabilizam a utilização de ecotécnicas.

O estudo se completa com a utilização de dados confiáveis de órgãos específicos do assunto, realizando a comparação com os dados obtidos na fase da execução. Adicionalmente realiza-se o estudo da estrutura em *Light Steel Frame*.

Na fase de estudo realiza-se também a discussão de resultados, a fim de obter análise dos mesmos em relação aos objetivos traçados inicialmente.

E por fim, a parte da ação, de tomada de decisão, contemplada nas considerações finais, a fim de verificar após o estudo completo, que ações podem ser tomadas ou se é necessária uma outra análise, ou seja, um outro ciclo de estudo para verificações complementares.

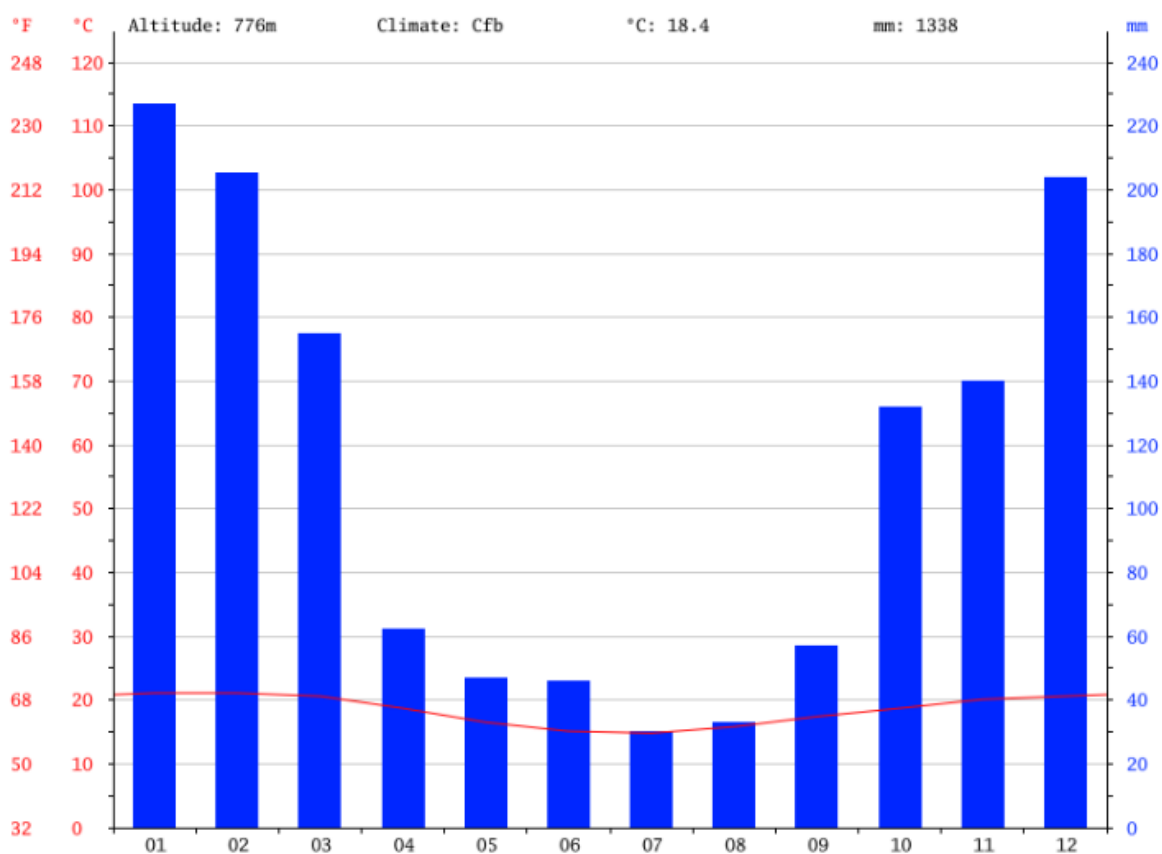
5 DESENVOLVIMENTO

5.1 DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA

5.1.1 Estudo da Pluviosidade

O estudo da pluviosidade se torna importante para a implementação da água de reuso, pois assim, consegue-se analisar a quantidade média de água de reuso disponível por período de tempo. Através do site *Climate Data Org* (CLIMATE DATA ORG, 2018), é possível obter os dados pluviométricos do período de um ano, na Figura 11:

Figura 11 - Dados da Pluviosidade Média da Cidade de Itatiba/SP.

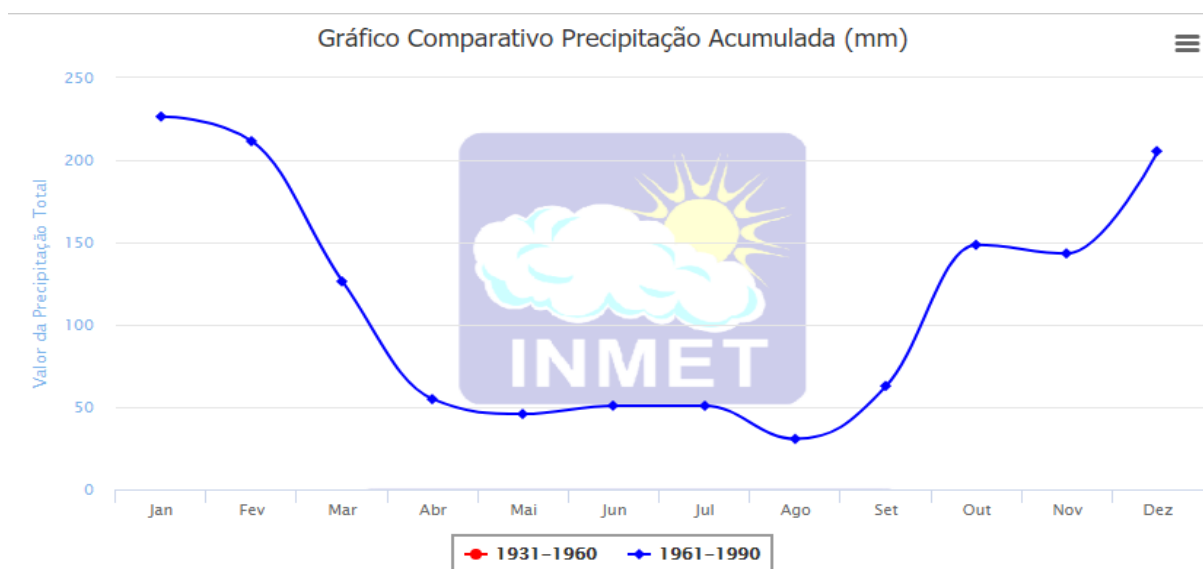


Fonte: CLIMATE DATA ORG. (2018).

Percebe-se na Figura 11 que o período possui pluviosidade baixa no início de outono até o fim do inverno e alta pluviosidade no início da primavera até o final do verão. O mesmo

pode ser constatado na Figura 12, retirado do *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018).

Figura 12 - Dados pluviométricos da série histórica de Itatiba/SP



Fonte: INMET (2018).

A Figura 12 apresenta dados acumulados da pluviosidade desde 1961 a 1990, verifica-se uma tendência similar entre as duas bibliografias, avaliando que o melhor armazenamento de água pluvial será nos meses mais chuvosos, como outubro a fevereiro.

Verifica-se que a curva histórica assemelha-se da curva pluviométrica de 2018, não ocorrendo variações perceptíveis de mudanças pluviométricas. Utiliza-se, portanto, no dimensionamento da cisterna dados pluviométricos de 2018.

5.1.2 Dimensionamento

Inicialmente, prevê-se o consumo diário de água não potável na residência. O uso basicamente é dado por bacia sanitária, torneira de jardim e lavagem de pisos em geral.

Para o dimensionamento, a fim de obter pontuação na certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é necessária a redução em pelo menos 50% da utilização de água potável. Verifica-se inicialmente a pluviosidade local:

1º Passo: Índice pluviométrico local, em mm, no caso, referente à 2018

O Quadro 2 apresenta dados de pluviometria local, verificados no estudo da pluviosidade. Apresenta-se um clima chuvoso no verão e mais seco no inverno, com média mensal de 111,5 mm (divide-se o total de 1338 mm por 12 meses).

Quadro 2 - Índice Pluviométrico Médio de Itatiba/SP, em mm, referente à 2018

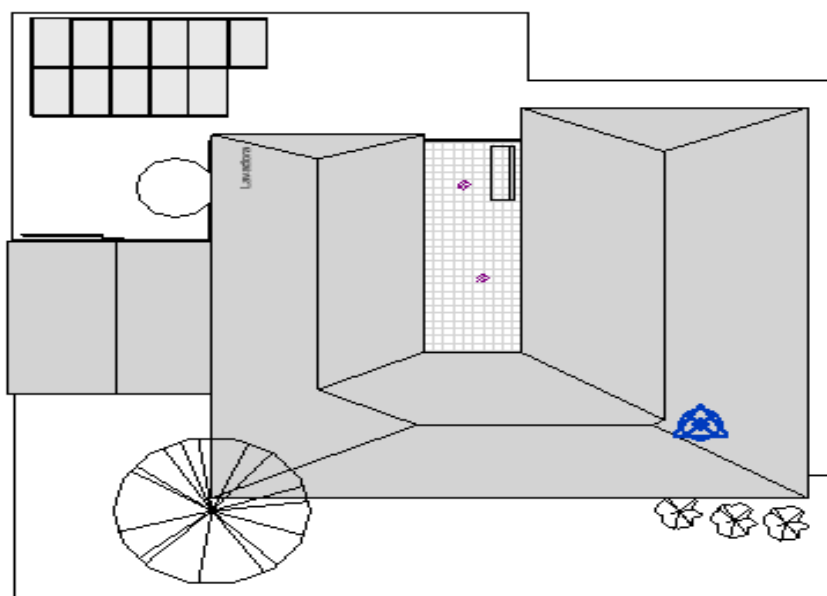
Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
227	205	155	62	47	46	30	33	57	132	140	204	1338

Fonte: CIIAGRO (2018).

2º Passo: Área do telhado em que será captada a água para abastecimento da cisterna

Para o cálculo da área do telhado, o Autodesk - REVIT, software onde a residência tipo foi realizada, informa o valor de 180 m² para toda a área do telhado, conforme Figura 13.

Figura 13 - Vista Superior da Residência Tipo do Condomínio, realizado no Software Autodesk



Fonte: Elaborada pelo Autor.

3º Passo: Quantidade de Água Utilizada

Utilizado nos Estados Unidos, o Quadro 3 informa a unidade de utilização por utensílio externo (quantidade de água não potável) e o Quadro 4 informa a unidade de utilização de água por utensílio interno:

Quadro 3 - Parâmetros de Estimativa da Demanda Residencial de Água Potável 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 (2009).

Quadro 4 - Parâmetros de Estimativa da Demanda Residencial de Água Potável para Uso Interno

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

Fonte: Tomaz (2009).

Considerando o uso da água não potável do projeto para descarga, lavagem de carros e gramado ou jardim o valor total de consumo foi:

Descarga na bacia:

5 descargas/pessoas/dias (utilizando Quadro 4, parâmetro mais provável), com isso tem-se para quatro pessoas e em média 30 dias no mês 600 descargas.

Litros na descarga (utilizando o Quadro 4, parâmetro mais provável):

$$9,0 \cdot 600 = 5,400 \text{ m}^3;$$

Lavagem de Carros:

Considerando 2 lavagens por mês e dois carros, resultando em $2 \cdot 150,00$ (Quadro 3) = $0,600 \text{ m}^3$;

Gramado ou Jardim:

Considerando 50 m^2 de jardim e em média 10 dias por mês para irrigar (Quadro 3), tem-se $1,00 \text{ m}^3$.

Ao todo gasta-se em média $7,00 \text{ m}^3$ ($5,4 + 0,6 + 1,0$) por mês com água que pode ser de origem não potável, para um consumo de 15 dias, praticamente metade do mês, tem-se um consumo de $3,50 \text{ m}^3$.

4º Passo: Volume da Cisterna

Segundo informe explicativo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2005), o volume da cisterna pode ser calculado segundo a Equação 4:

$$V_c = (V_d \times N_{dia} \times \text{perdas}) \quad (4)$$

Sendo:

V_c = Volume da Cisterna (m^3)

V_d = Volume da demanda da água diária (m^3)

N_{dia} = Número de dias de armazenagem (15 dias)

Acrescentar 10% em função da evaporação no período de armazenagem considerado;

Acrescentar 10% de perda da tubulação que levará a água captada do telhado à cisterna.

Com isso, tem-se:

$$V_c = \frac{3,5}{15} \times 15 \times 1,10 \times 1,10$$

$V_c = 4,24 \text{ m}^3$, para armazenar no período de 15 dias.

5º Passo: Área necessária para captação da chuva

A área necessária para captação da água da chuva é calculada através da Equação 5:

$$A = (V_c / \text{Prec_Período}) \quad (5)$$

Sendo:

A = área de telhado para captação (m^2);

V_c = Volume da Cisterna (m^3)

Prec_Período = Precipitação média para o período considerado (mm). Se a média mensal é de 111,5, a média para o período de 15 dias é de 55,75.

Tem-se, portanto:

$$A = 4240 / 55,75 = 76,00 \text{ m}^2.$$

Sendo a área de captação inferior a área total do telhado, utilizará apenas a parte traseira do telhado para fins de captação.

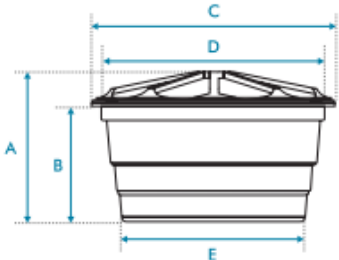
Para definir o tamanho da cisterna, a Figura 14 indica que para suprir o volume de 4.240L armazenados pela cisterna, pode-se selecionar a de 5.000 L.

Além disso, a Figura 14 apresenta os valores de dimensão da cisterna, para conhecimento da área necessária para o armazenamento.

Figura 14 - Dimensões da Cisterna de Acordo com a Capacidade da Mesma

Modelos e Dimensões

- A** Altura com tampa
- B** Altura sem tampa
- C** Diâmetro com tampa
- D** Diâmetro sem tampa
- E** Diâmetro da base



Capacidade (L)	Código	Dimensão em metros					Tampa
		A	B	C	D	E	Código
100	0.201.000.1	0,51	0,41	0,75	0,73	0,54	0.201.002.0
150	0.201.000.2	0,55	0,43	0,88	0,87	0,61	0.201.002.1
250	0.201.000.3	0,66	0,50	1,04	1,03	0,78	0.201.002.2
310	0.201.000.4	0,69	0,54	1,05	1,04	0,75	0.201.002.3
500	0.201.000.5	0,72	0,58	1,24	1,22	0,95	0.201.002.4
750	0.201.000.6	0,86	0,73	1,37	1,35	1,00	0.201.002.5
1.000	0.201.000.7	0,97	0,76	1,52	1,51	1,16	0.201.002.6
1.500	0.201.003.5	1,05	0,83	1,77	1,75	1,43	0.201.003.7
2.000	0.202.000.1	1,10	0,90	1,89	1,88	1,55	0.202.000.3
3.000	0.202.000.5	1,49	1,21	2,28	2,22	1,72	0.202.000.7
5.000	0.202.001.0	2,00	1,63	2,45	2,37	1,85	0.202.001.2
7.500	0.202.002.5	2,12	1,81	2,79	2,70	2,24	0.202.002.1
10.000	0.202.001.6	2,57	2,03	2,95	2,92	2,41	0.202.001.8
15.000	0.202.003.6	3,13	2,62	3,17	3,15	2,67	0.202.003.5

Fonte: Catálogo Fortlev (2019).

5.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA

5.2.1 Estudo da Radiação Solar

Para o estudo da radiação solar, da radiação refletida e da radiação absorvida torna-se necessário o conhecimento da insolação local, a fim de verificar posteriormente a viabilidade do uso de energia solar. Os cálculos foram realizados utilizando os dados sobre Itatiba de acordo com o Quadro 5, com a aplicação das equações, em seguida, de Angstrom-Prescot (ERBERELLI; E SILVA; PHILIPPINI, 2017).

Quadro 5 - Dados Gerais de Itatiba para o mês de agosto de 2018

Itatiba/ SP
Agosto de 2018
Longitude: O46° 50' 00"
Latitude: S23° 01' 0"
Altitude: 760 m
Velocidade média do vento: 0,68 m/s
Total de Insolação: 223,70 horas

Fonte: CLIMATE DATA ORG. (2018).

Vale ressaltar que os dados de insolação do Quadro 5 foram retirados da estação mais próxima do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da cidade de São Carlos/SP.

Para calcular a radiação solar, inicialmente calculou-se a radiação solar global (Qg), através da Equação 6:

$$Q_g = Q_o \cdot \left(a + b \cdot \frac{n}{N} \right) \quad (6)$$

Sendo:

Qo – Radiação solar diária (MJ/m².dia), proveniente da Tabela 3. Na Tabela 3, busca-se primeiro pela latitude na lateral esquerda. No caso, a latitude é de S23°01'00", com isso, e a referência do mês de agosto, realizamos a Equação 7:

$$\frac{23}{x} = \frac{20}{28,88}, \text{ sendo } x = 33,21 \frac{MJ}{m^2} \cdot dia \quad (7)$$

Tabela 3 - Irradiância Solar Global Diária no Topo da Atmosfera em MJ/ m². dia

Latitude	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
10°	39,61	39,34	37,68	34,50	31,08	29,19	29,87	32,68	35,98	38,34	39,27	39,43
11°	39,86	39,44	37,57	34,20	30,65	28,70	29,41	32,32	35,79	38,36	39,47	39,73
12°	40,11	39,54	37,46	33,90	30,22	28,22	28,95	31,96	35,60	38,37	39,67	40,02
13°	40,37	39,63	37,36	33,59	29,78	27,73	28,49	31,61	35,41	38,39	39,88	40,32
14°	40,62	39,73	37,25	33,29	29,35	27,25	28,03	31,25	35,22	38,40	40,08	40,61
15°	40,87	39,83	37,14	32,99	28,92	26,76	27,57	30,89	35,03	38,42	40,28	40,91
16°	41,07	40,03	37,34	33,19	29,12	26,96	27,77	31,09	35,23	38,62	40,48	41,11
17°	41,27	40,23	37,54	33,39	29,32	27,16	27,97	31,29	35,43	38,82	40,68	41,31
18°	41,46	40,42	37,73	33,58	29,51	27,35	28,16	31,48	35,62	39,01	40,87	41,50
19°	41,66	40,62	37,93	33,78	29,71	27,55	28,36	31,68	35,82	39,21	41,07	41,70
20°	41,86	40,83	38,13	34,00	30,00	27,75	28,56	31,89	36,03	39,42	41,27	41,90

Fonte: Oliveira et al (2008).

“a” e “b” – Constantes de Angstrom, representam os parâmetros de equação linear de regressão do modelo que caracterizam a transmitância atmosférica e “a” assume o valor de $0,29 \cdot \cos(\text{latitude})$ e “b”=0,52, devido ao local não ter dados disponíveis (MARIN, 2017);

n – Insolação diária, proveniente da Equação 8;

$$n = \frac{\text{Total de Insolação do mês (Quadro 3)}}{744} = 0,3 \quad (8)$$

No caso, o total de horas do mês de agosto, mês de referência para o cálculo, é de 744h.

N- Número diário possível de horas de sol, proveniente da Tabela 4. Busca-se primeiro pela latitude na lateral esquerda. No caso, a latitude é de S23°01'00”, com isso, e a referência do mês de agosto, realizamos a Equação 9:

$$\frac{23}{x} = \frac{20}{11,30}, \text{ sendo } x = 13 \quad (9)$$

Tabela 4 - Número de horas diárias de brilho solar no topo da atmosfera

Latitude	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
10°	12,5	12,3	12,1	11,8	11,5	11,4	11,5	11,7	11,9	12,2	12,6	12,7
11°	12,55	12,35	12,1	11,75	11,45	11,35	11,45	11,65	11,9	12,25	12,65	12,75
12°	12,6	12,4	12,1	11,7	11,4	11,3	11,4	11,6	11,9	12,3	12,7	12,8
13°	12,65	12,45	12,1	11,7	11,4	11,25	11,3	11,55	11,9	12,3	12,75	12,85
14°	12,7	12,5	12,1	11,7	11,4	11,2	11,2	11,5	11,9	12,3	12,8	12,9
15°	12,8	12,5	12,1	11,65	11,35	11,15	11,15	11,5	11,9	12,35	12,85	13
16°	12,9	12,5	12,1	11,6	11,3	11,1	11,1	11,5	11,9	12,4	12,9	13,1
17°	12,95	12,55	12,1	11,6	11,25	11	11,05	11,5	11,9	12,4	12,95	13,15
18°	13	12,6	12,1	11,6	11,2	10,9	11	11,4	11,9	12,4	13	13,2
19°	13,05	12,65	12,1	11,55	11,15	10,85	10,95	11,35	11,9	12,45	13,05	13,25
20°	13,1	12,7	12,1	11,5	11,1	10,8	10,9	11,3	11,9	12,5	13,1	13,3

Fonte: Oliveira et al. (2008).

Com isso, tem-se o valor de cada parâmetro necessário para o cálculo da radiação global (Q_g), no Quadro 6:

Quadro 6 – Parâmetros para o cálculo da radiação global na Equação 6

Parâmetros	N	Qo	a	B	n	Qg
Agosto/2018	13,00	33,21	0,27	0,52	0,30	9,40 MJ/m ² .dia

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com o valor da radiação solar global, que é formada pela radiação direta e pela radiação refletida, calcula-se a radiação solar refletida (Q_r), a fim de avaliar posteriormente a absorção local, através da Equação 10:

$$Q_r = r \cdot Q_g \quad (10)$$

Onde:

r é o albedo (poder de reflexão de uma superfície), considerando a superfície como concreto, $r = 0,22$ (notas de aula).⁴

Logo, $Q_r = 2,068 \text{ MJ/m}^2.\text{dia}$

Em seguida, encontra-se a radiação solar absorvida - ondas curtas (Q_{oc}), através da Equação 11:

$$Q_{oc} = Q_g - Q_r \quad (11)$$

resultando em $Q_{oc} = 7,33 \text{ MJ/m}^2.\text{dia}$

Resultando em aproximadamente 22% de radiação refletida (Q_r , devido ao albedo da superfície) e 78% de radiação absorvida se a superfície for concreto.

5.2.2 Dimensionamento

O sistema conectado à rede elétrica opera em paralelo com a rede, diferente de um sistema autônomo, que é empregado em locais que não há rede elétrica. A grande vantagem deste sistema em comparação com o sistema autônomo é a possibilidade de suprir a própria energia e até exportar para a rede elétrica conectada, gerando créditos que podem entrar como desconto da conta de energia (VILLALVA, 2017).

⁴ Notas de Aulas do professor J. U. de Lima, na Faculdade de Engenharia Civil, UNESP, Guaratinguetá, 2016.

Os sistemas conectados à rede são classificados em três tipos:

- Microgeração: potência instalada até 1000 kW;
- Minigeração: potência instalada entre 100kW e 1 MW;
- Usinas de eletricidade: potência acima de 1 MW.

Para o presente projeto será utilizada a microgeração, que segundo Resolução nº482, de 17 de abril de 2012, permite aos microgeradores, acesso à rede pública de distribuição. Este sistema utiliza medidores elétricos de quatro quadrantes, em que é possível, quando há excedente de energia, ou seja, a energia produzida pelo sistema fotovoltaico não estiver sendo consumida por inteiro, exportar para a rede; e quando, por exemplo, à noite, poder consumir da rede, já que o sistema fotovoltaico não gera no período. No caso, a rede elétrica serve de bateria ao sistema fotovoltaico, gerando créditos e consumindo-os quando necessário (VILLALVA, 2017).

Inicialmente para o dimensionamento é necessário saber quanta energia será consumida. A partir do Quadro 7, realiza-se o cálculo de consumo mensal de energia, com base nos aparelhos essenciais a uma residência, conforme Quadro 8:

Quadro 7 - Consumo Mensal de Aparelhos Domésticos

(continua)

Aparelhos	Potência (W)	Dias de uso no mês	Tempo de utilização diária	Consumo mensal (kWh)
Freezer	400	30	10 h	120
Geladeira (2 portas)	300	30	10 h	90
Geladeira (1 porta)	200	30	10 h	60
Boiler elétrico	1500	30	2 h	90
Chuveiro elétrico	3500	30	40 min	70
Torneira elétrica	3500	30	30 min	52
Forno elétrico	1500	30	1 h	45
Secadora de roupas	3500	12	1 h	42
Cafeteira elétrica	1000	30	1 h	30
Lavadora de louças	1500	30	40 min	30
Ventilador	100	30	8 h	24
Computador	250	30	3 h	22
Lâmpada	100	30	5 h	15

Quadro 7 - Consumo Mensal de Aparelhos Domésticos

(conclusão)

TV (20 polegadas)	90	30	5 h	13
TV (14 polegadas)	60	30	5 h	9
Forno de micro-ondas	1300	30	20 min	13
Ferro elétrico	1000	12	1 h	12
Aspirador de pó	1000	30	20 min	10
Lavadora de roupas	1500	12	30 min	9
Secador de cabelo	1000	30	10 min	5
Aparelho de som	20	30	4 h	2
Telefone sem fio	5	30	24 h	3
TV em stand by	6	30	19 h	3
Rádio relógio	1,5	30	5 h	0
Carregador de celular	1,6	30	24 h	1

Fonte: Villalva (2017).

Quadro 8 - Aparelhos Eletrodomésticos Utilizados no Projeto

Aparelho	Quantidade	Consumo Mensal (kWh)
Geladeira de 1 porta	1	60
Chuveiro Elétrico	2	140
Computador	1	22
Lâmpada	8	120
TV	1	13
Microondas	1	13
Lavadora de Roupas	1	9
Secador de Cabelo	1	5
Telefone sem Fio	1	3
Soma		385

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Agora, determina-se a quantidade de energia que um módulo fotovoltaico pode produzir de acordo com a insolação local (Método da insolação). Através dos dados de insolação do programa Sundata (CRESESB, 2018), encontra-se no Quadro 9 as médias mensais de insolação solar diária (kWh/ m².dia) em Itatiba/SP, contendo dados de 17 anos, ou seja, desde 2002.

Latitude:S23°01'00"**Longitude:**O46°50'00"

Quadro 9 - Radiação média mensal em Itatiba/SP de insolação diária (kWh/m².dia)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
5,52	5,81	5,07	4,61	3,77	3,51	3,67	4,62	4,78	5,39	5,68	6,09	4,88	2,58

Fonte: CRESESB (2019).

O dado de agosto apresentado pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB), apresenta valor superior ao calculado no estudo da radiação solar. Ao transformar a média calculada do mês de agosto de 9,42 MJ/ m².dia para kWh/m².dia, tem-se 2,61 kWh/m².dia. O valor de agosto encontra-se na dispersão dos dados (delta de 2,58), porém, por avaliar somente um ano (agosto de 2018), a variação pode ser efeito de uma causa especial. Para evitar causas especiais nos dados de dimensionamento, utiliza-se os dados do CRESESB, que possui média histórica.

A energia produzida pelo módulo fotovoltaico é calculada segundo a Equação 12:

$$E_p = E_s \times A_m \times \eta_m \quad (12)$$

Em que:

E_p = Energia produzida pelo módulo diariamente (Wh);

E_s = Insolação diária (Wh/m²/dia). Utiliza-se para o caso a média diária de 4,88 (kWh/m².dia).

A_m = Área da superfície do módulo (m²) - utilização do Anexo IV;

η_m = Eficiência do módulo – utilização do Anexo IV

Com isso, tem-se:

$$E_p = 4880 \times 1,64 \times 14,6\% = 1168 \text{ Wh, diariamente.}$$

A energia produzida no mês é de aproximadamente 35 kWh.

A quantidade de módulos necessários para produzir a energia demandada, de acordo com a Equação 13:

$$N_p = E_{\text{sistema}} / E_{\text{módulo}} \quad (13)$$

$$N_p = 385 \text{ kWh} / 35 \text{ kWh}$$

$$N_p = 11 \text{ módulos}$$

Onze módulos resultam em uma área de 18 m², com os módulos orientados para o norte geográfico, com inclinação de acordo com o Quadro 10:

Quadro 10 - Ângulo recomendado de inclinação do painel fotovoltaico de acordo com a latitude local

Latitude geográfica do local	ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: Villalva (2017).

Visto que a latitude do local é de 23°01'00", o ângulo de inclinação será de 28° em relação à horizontal.

Agora faz-se o dimensionamento dos inversores, que são aparelhos que convertem corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA).

A tensão, segundo o fabricante de um módulo, é de 37,4 V, portanto, em série, tem-se 411,4 V (11 x 37,4), com um fator de segurança de 10 %, a tensão máxima de saída será 452,54 V.

A próxima etapa é escolher um inversor compatível com a potência dos módulos, uma *string* com 11 módulos de 240 W, terá potência máxima de 2640 W, reafirmando a categoria de microgerador (VILLALVA, 2017).

5.3 ESTRUTURA DA CASA

Fazendo uso da norma ABNT NBR 14762, de 09 de agosto de 2010: "Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio", especificar-se-á a estrutura utilizada, assim como se complementa com a utilização do Manual de construção em aço CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBC) (2016) e a "Diretriz para Avaliação Técnica de Produto da Secretaria Nacional da Habitação" (SINAT, 2016).

Os valores de propriedades mecânicas adotadas para o aço, no que diz respeito ao cálculo, são:

a) módulo de elasticidade, $E = 200\,000\text{ MPa}$ – É uma propriedade do material, que é observada através da sua estrutura química, sendo a razão entre a tensão exercida no material e sua deformação, quanto maior seu valor, maior a resistência ao escoamento;

b) coeficiente de Poisson, $\gamma = 0,3$ – É uma medida de transformação transversal, ou seja, ao aplicar uma força o quanto esta deforma transversalmente o material. Quanto mais próximo de 1,0, mais proporcional é a deformação realizada nos eixos x e y. No caso, percebe que por se tratar de um perfil esbelto, o eixo y sofre maior deformação (eixo x transversal e y longitudinal);

c) módulo de elasticidade transversal, $G = 77\,000\text{ Mpa}$ – Corresponde a rigidez do material frente a uma aplicação de força;

d) coeficiente de dilatação térmica, $\beta = 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ – Demonstra a variação de volume frente a uma variação na temperatura;

e) massa específica, $\rho = 7.850\text{ kg/m}^3$ – Massa que o material ocupa em determinado volume.

Deve-se dimensionar a fim de considerar os estados limites últimos (ELU) e os estados limites de serviço (ELS).

Os estados-limites últimos estão relacionados com a segurança da estrutura sujeita às combinações mais desfavoráveis de ações previstas em toda a vida útil projetada, durante a construção ou quando atuar uma ação especial ou excepcional. Os estados-limites de serviço estão relacionados com o desempenho da estrutura sob condições normais de utilização (ABNT NBR 14762, 2010. p.14).

As ações, tanto nos estados limites últimos quanto nos estados limites de serviço, devem ser toleradas pela estrutura. As ações que incidem em uma residência podem ter distintas variações, como carga permanente, variável e excepcional, segundo a ABNT NBR 8681, de 30 de março de 2004:

Ações permanentes - Consideram-se como ações permanentes:

a) ações permanentes diretas: ações fixas que influenciam diretamente o dimensionamento, como o peso próprio da construção;

b) ações permanentes indiretas: ações fixas que influenciam em alguma parte da obra como a protensão (tensionar os cabos de aço antes da cura do concreto, oferecendo maior resistência), os recalques de apoio e a retração dos materiais.

Ações variáveis - as cargas acidentais das construções, que não ocorrem de forma repetida.

a) ações variáveis normais: Ações variáveis com probabilidade de ocorrência, que devem ser consideradas para fins de dimensionamento;

b) ações variáveis especiais: Ações variáveis que possuem baixa probabilidade de ocorrência, como ações sísmicas.

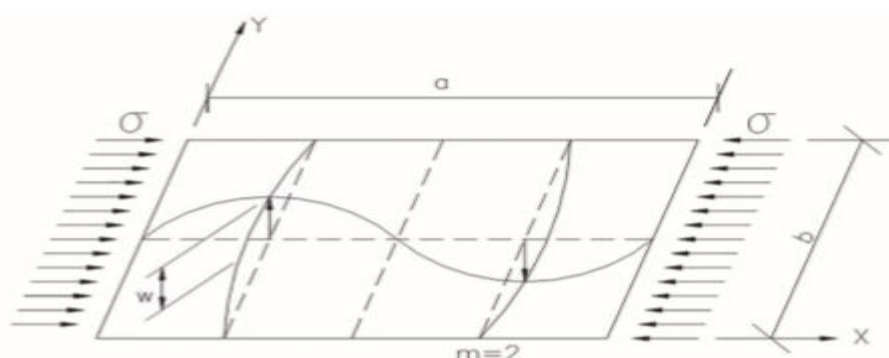
Ações excepcionais - Consideram-se como excepcionais as ações decorrentes de causas não comuns, tais como explosões, incêndios.

Existem programas computacionais, comerciais e acadêmicos, que efetuam essa análise de dimensionamento, como mCalcLSF.

Ao verificar os ELU e os ELS, é necessário ter conhecimento sobre os perfis de aço que serão utilizados na estrutura. Os perfis utilizados no *Light Steel Frame* comportam-se da mesma forma que uma chapa isolada, com a ressalva de que no caso, por ser uma estrutura completa, possui engastamento no perfil vizinho, que tem que ser levada em conta no cálculo de dimensionamento. Essa interação faz com que ocorra flambagem local ou distorcional, sendo a local uma flambagem de meias ondas de mesmo comprimento e a flambagem distorcional ocorre a uma força menor que a flambagem local.

Verifica-se na Figura 15, que ao aplicar uma força longitudinal uniforme (σ) à barra, ela sofrerá deformações. Percebe-se que, por ser um perfil esbelto, a mesma sofre maiores deformações no eixo x (várias meia ondas na direção da compressão e apenas uma na direção perpendicular).

Figura 15 - Modo de Estabilidade do perfil de aço



Fonte: Centro Brasileiro da Construção em Aço (2016).

Na análise estrutural, além das deformações provenientes de carregamentos externos e internos, deve-se considerar as imperfeições geométricas e de materiais. As imperfeições geométricas são relacionadas à própria chapa, defeitos de fabricação, assim como defeitos de montagem. A fim de considerar este efeito, aplica-se a força nocional horizontal (F_{nd}), que é a

força horizontal correspondente à 0,3% das cargas gravitacionais de cada andar, aplicada aos elementos verticais da estrutura. A força nocional é aplicada devido à dificuldade encontrada para verificar os desaprumos da estrutura da edificação. Além da força nocional, tem-se as imperfeições do material, devido à plastificação inicial, reduzindo o módulo de elasticidade em 80% do original.

O Quadro 11 informa a relação máxima que deve ter a largura e espessura de uma chapa, a fim de não ocorrer deformação excessiva, para diferentes tipos de perfis empregados no sistema *Light Steel Frame*.

Quadro 11 - Relação máxima recomendada para a relação largura-espessura dos perfis de aço utilizados na estrutura *Light Steel Frame*

Caso a ser analisado	Valor máximo da relação largura-espessura (a)
Elemento comprimido AA, tendo uma borda vinculada a alma ou mesa e a outra a enrijecedor de borda simples	$(b/t)_{\text{máx}} = 60 \quad (b)$
Elemento comprimido AA, tendo uma borda vinculada a alma e a outra a mesa ou outro tipo de enrijecedor de borda com $I_s \geq I_a$ conforme 9.2.3 da ABNT NBR 14762:2010	$(b/t)_{\text{máx}} = 90$
Alma de perfis U não enrijecidos sujeita à compressão uniforme	$(b/t)_{\text{máx}} = 90$
Elemento comprimido com ambas as bordas vinculadas a elementos AA	$(b/t)_{\text{máx}} = 500 \quad (c)$
Elemento comprimido AL ou AA com enrijecedor de borda tendo $I_s < I_a$ conforme 9.2.3 da ABNT NBR 14762:2010	$(b/t)_{\text{máx}} = 60 \quad (b)$
Alma de vigas sem enrijecedores transversais	$(b/t)_{\text{máx}} = 200$
Alma de vigas com enrijecedores transversais apenas nos apoios e satisfazendo as exigências de 9.5.1 ABNT NBR 14762:2010	$(b/t)_{\text{máx}} = 260$
Alma de vigas com enrijecedores transversais nos apoios e intermediários, satisfazendo as exigências de 9.5.1 ABNT NBR 14762:2010	$(b/t)_{\text{máx}} = 300$
(a) b é a largura do elemento; t é a espessura. (b) Para evitar deformações excessivas do elemento, recomenda-se $(b/t)_{\text{máx}} = 30$. (c) Para evitar deformações excessivas do elemento, recomenda-se $(b/t)_{\text{máx}} = 250$.	

Fonte: Centro Brasileiro da Construção em Aço (2016).

Visto suas relações de largura-espessura, os perfis podem ser submetidos à flexão composta (momento fletor e a força axial de tração), devido à ação do vento. A fim de evitar a flexão composta, tem-se a Equação 14:

$$\frac{N_{sd}}{N_{rd}} + \frac{M_{x, sd}}{M_{x, Rd}} + \frac{M_{y, sd}}{M_{y, Rd}} \leq 1,0 \quad (14)$$

Onde:

N_{sd} é a força axial solicitante de cálculo de tração ou de compressão;

$M_{x, sd}$ e $M_{y, sd}$ são os momentos fletores solicitantes de cálculo, na seção especificada;

N_{Rd} é a força axial resistente de cálculo de tração ou compressão;

$M_{x, Rd}$ e $M_{y, Rd}$ são os momentos fletores resistentes de cálculo.

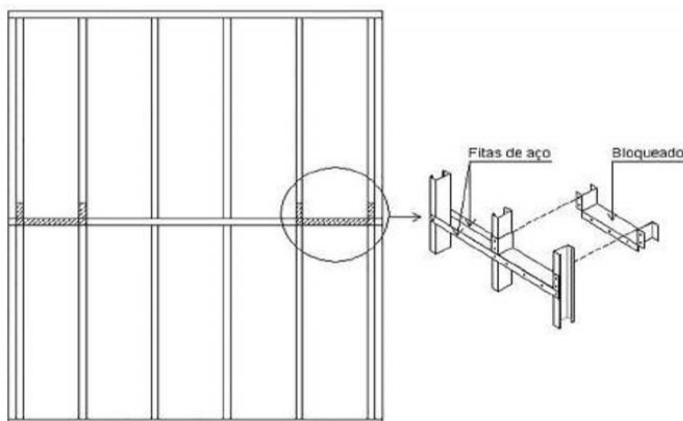
A Equação 14 esclarece a relação de equilíbrio global da estrutura, em que toda força solicitante deve ser resistida.

Após verificar todas as ações que os perfis podem sofrer, faz-se necessário verificar os tipos de perfis empregados. O sistema *Light Steel Frame* é formado por perfis de aço revestidos por uma camada de zinco ou uma liga de alumínio-zinco, que evitam a corrosão do perfil e prolongam sua durabilidade. Vale detalhar cada perfil utilizado, com utilização do Manual de construção em aço do CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (2016):

- a) Bloqueador: perfil utilizado horizontalmente, realizando o travamento lateral dos perfis;
- b) Fita: fita de aço galvanizado empregada na diagonal como elemento de contraventamento de painéis e também é utilizada na horizontal, junto com os bloqueadores para diminuir a possibilidade de flambagem dos perfis.

Na Figura 16, percebe-se a utilização das fitas e bloqueadores, que travam o perfil em suas conexões, auxiliando na resistência à deformação do perfil.

Figura 16 - Exemplificação do uso de fitas e bloqueadores em um perfil de aço



Fonte: Centro Brasileiro da Construção em Aço (2016).

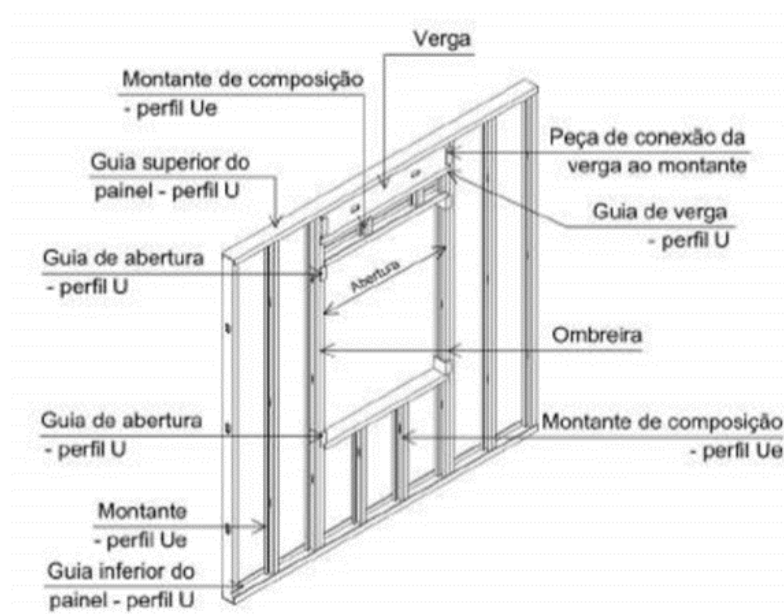
c) Guia ou guia enrijecida: Perfil utilizado como base e topo de painéis de parede, como encabeçamento de painéis de entresijos e de telhados e aberturas em painéis de parede, corresponde ao grupo horizontal de perfis do *Light Steel Frame*.

d) Montante: Perfil utilizado verticalmente na composição de painéis de parede, corresponde ao grupo vertical de perfis do *Light Steel Frame*. Deve conter espaçamento máximo entre si de 400 mm ou 600 mm

Os montantes das paredes internas devem ser dimensionados à compressão e à tração atuando isoladamente. Os montantes das paredes externas são dimensionados à flexão composta, para forças axiais solicitantes de tração ou de compressão, levando em conta a direção e o sentido da ação do vento, por exemplo (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO, 2016, p.31).

A Figura 17 exemplifica a utilização dos componentes do sistema *Light Steel Frame*, com a utilização de vergas nas aberturas de portas e janelas, ombreiras nas laterais das aberturas e a ligação entre o montante e a guia.

Figura 17 - Perfil de Light Steel Frame



Fonte: Centro Brasileiro da Construção em Aço (2016).

Vigas

As vigas acompanham o espaçamento dos montantes e também são travadas por bloqueadores e fitas.

Fitas de aço

“As fitas devem ser de aço galvanizado, ter pelo menos 38 mm de largura e 0,80 mm de espessura” (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO, 2016).

Vergas

São dispostas na abertura de portas e janelas na parte superior, auxiliando na distribuição de tensões e cargas.

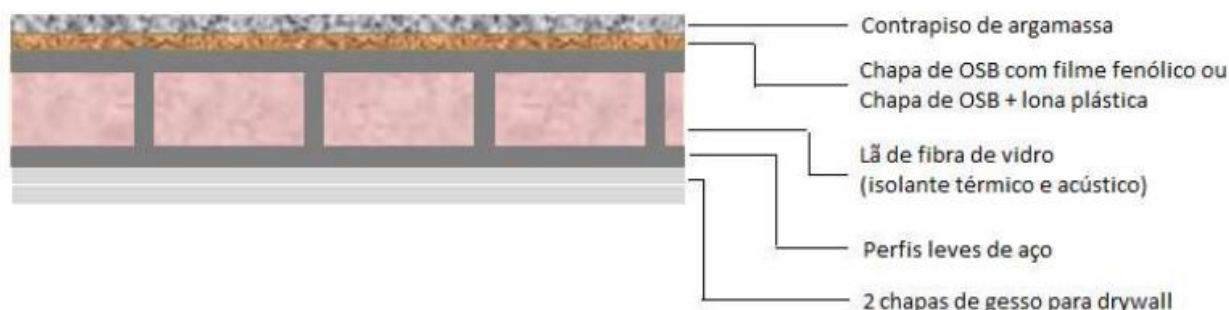
A construção do presente trabalho será realizada pelo método de Painéis, em que os painéis são pré-fabricados fora do canteiro e montados no local, gerando velocidade de montagem, minimização do trabalho na obra e de imperfeições.

Por ser constituída de perfis leves, a estrutura em *Light Steel Frame* apresenta-se normalmente com uma fundação em *radier* ou sapata corrida, dependendo do tipo do solo do local da construção.

Ao optar por uma fundação em *radier* deve-se evitar a umidade do solo com um contrapiso de pelo menos 15 cm e uma inclinação de 5% para o escoamento de água (SINAT, 2016).

Após a fundação para o controle da superfície plana faz-se necessária a realização de um contrapiso antes da montagem do sistema, conforme a Figura 18, que ilustra a utilização de perfil de aço leve para a formação da laje, com utilização do perfil estrutural, com a lã de fibra de vidro, que evita propagação de barulhos gerados, e por cima tem-se a placa de OSB, com revestimento por conta de impermeabilização e proteção da placa. Adicionalmente o contrapiso armado garante maior resistência à laje.

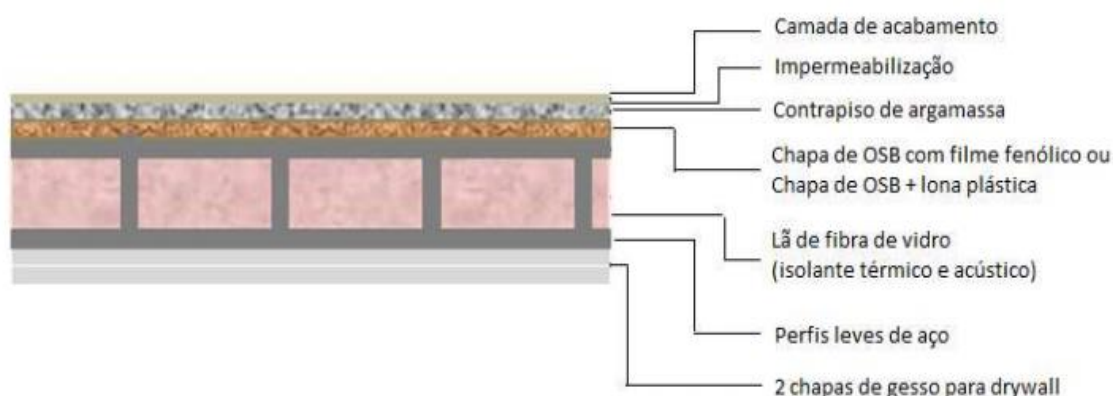
Figura 18 - Exemplo de configuração do sistema de piso composto de perfis leves de aço zincado, placa de OSB e contrapiso de argamassa – áreas secas.



Fonte: Secretaria Nacional da Habitação (2016).

A Figura 19, apresenta a laje utilizada para áreas molhadas com a diferença da Figura 18, pois se utiliza de uma impermeabilização adicional acima do contrapiso, e com isso sendo necessária mais uma camada de acabamento.

Figura 19 - Exemplo de configuração do sistema de piso composto de perfis leves de aço zincado, placa de OSB, contrapiso de argamassa e camada de acabamento – áreas molhadas.



Fonte: Secretaria Nacional da Habitação (2016).

Após realizada a fundação e o contrapiso, a estrutura de painéis tem que ser ancorada, através de um método construtivo, no caso, ancoragem provisória. A ancoragem provisória prevê a montagem dos painéis através de pinos acionados a pólvora, mantendo o prumo dos painéis até serem efetivamente ancorados à fundação.

Os painéis são conectados e faz-se necessário inicialmente verificar a forma de conexão do sistema. As mais indicadas são as parafusadas, não ultrapassando a espessura da parte mais fina de 4,75 mm. Os parafusos mais utilizados são os auto-atarraxantes e possui um tipo de cabeça específico para cada ligação (CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO, 2016).

Após verificação das conexões de painéis e prumo dos mesmos, realiza-se as instalações internas aos painéis. Como a estrutura é toda planejada conforme a edificação, a passagem de tubos e instalações já é prevista na estrutura, não havendo a necessidade de corte ou destruição da mesma. Não é recomendável a passagem de tubulação de gás nas paredes, somente é permitido se instalado no interior de uma tubulação de PVC e assim preenchido com argamassa.

Vale ressaltar que o dimensionamento das instalações elétricas, hidráulicas, telefônica e demais instalações, não diferem das instalações comuns, possuindo apenas algumas particularidades, como a utilização de canos de PEX (polietileno reticulado, material mais

utilizado em *Light Steel Frame*, para peças hidráulicas, pois possui grande flexibilidade, resistência a pressão e a temperatura, além da facilidade de instalação).

Os painéis sendo ocos internamente, facilitam a montagem, a manutenção posterior, a abertura dos painéis e a troca de peças, gerando menos entulho, se comparada com a construção em concreto.

As particularidades apresentadas pelo sistema *Light Steel Frame* são:

Água Quente e Água Fria

Para que não ocorra vibrações no interior da parede devido a parede ser oca, trava-se a instalação com uso de anéis de borracha no ponto de passagem. Para a tubulação de entrada e saída do sistema utiliza-se peças com flanges laterais, conforme mostrado na Figura 20, permitindo o travamento da instalação.

Figura 20 - Tubulação de Entrada e Saída com Flange Lateral



Fonte: Centro Brasileiro da Construção em Aço (2016).

O uso de bacia sanitária deve ser somente de caixa acoplada devido a menor vibração na descarga, que provocaria cargas na estrutura, além da melhora na economia do fluxo de água para uso.

Após a instalação dos painéis e tubulações realiza-se a vedação dos mesmos. Como elementos de vedação tem-se:

Placa OSB

Oriented Strand Board são chapas de madeira reflorestada prensadas em camadas, e como seu próprio nome diz, suas fibras são orientadas de maneira a proporcionar maior resistência mecânica. É necessária a aplicação de um material impermeável sobre sua superfície.

Lã de vidro / Lã de rocha / Lã de pet

Melhoramento térmico acústico.

Chapa de gesso

São placas de gesso, utilizada para vedação interna, consistindo basicamente em uma parede *drywall*, com três tipos diferentes:

- Placa *Standart* (ST) – Utilizada para ambientes sem a presença de umidade;
- Placa resistente à umidade (RU) – Utilizada para ambientes com a presença de umidade; e
- Placa resistente ao fogo (RU) – Utilizada em ambientes em que há risco de incêndios e a necessidade de proteção.

Placas cimentícias

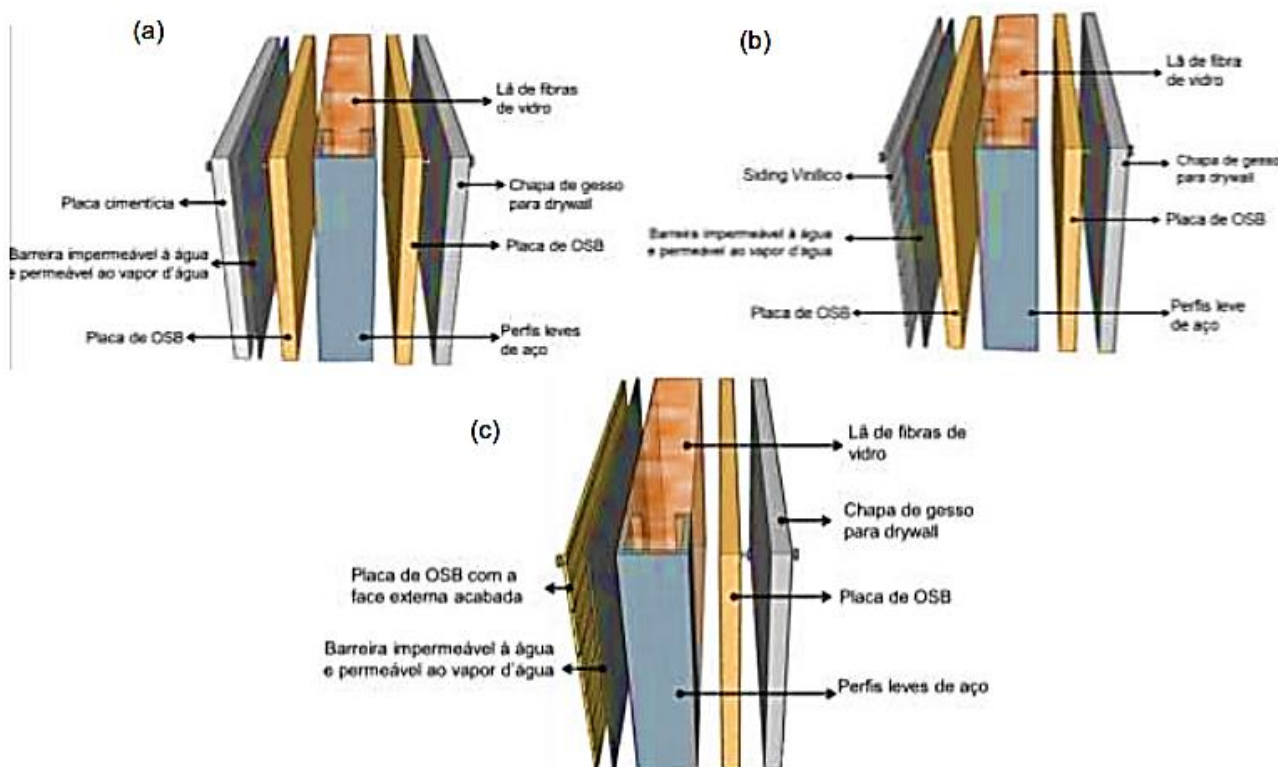
É um cimento reforçado com fios sintéticos, que garantem uma alta resistência a impactos, cupins e umidade.

Barreira impermeável à água e permeável ao vapor da água

É uma trama de polietileno de alta densidade, em que na trama os poros funcionam como passagem de vapor, porém bloqueiam a passagem de água, evitando a umidade, fungo e mofo.

Na Figura 21.a o perfil de aço é preenchido com lã de fibra de vidro, que é um bom isolante térmico. Junto ao perfil de aço tem a utilização de placas *Oriented Strand Board* – Painel de tiras de madeira orientada (OSB).

Figura 21 - Exemplo de concepção do SVVE (Sistema de vedação vertical externo) com revestimento de fachada em: (21.a) Placa Cimentícia; (21.b) *Siding* Vinílico; (21.c) Placa de OSB com face externa acabada



Fonte: Secretaria Nacional da Habitação (2016).

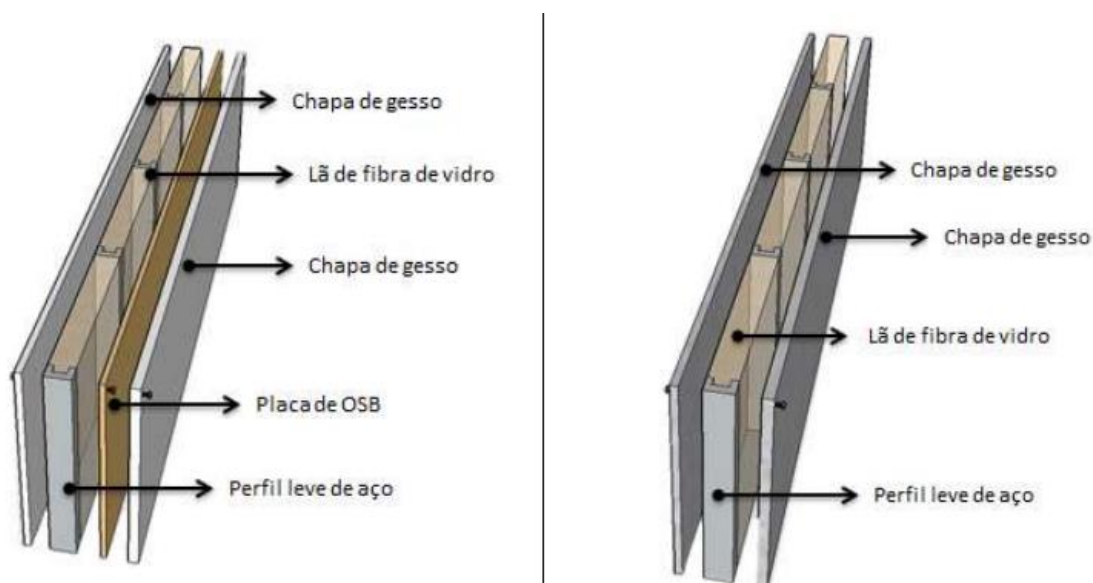
A Figura 21.b ilustra a utilização de *Siding* Vinílico (perfil de PVC utilizado para revestimento de fachadas) no perfil externo e a Figura 21.c apresenta a utilização de barreira impermeável à água e ao vapor de água, pois a placa OSB não é à prova d'água.

A Figura 22.a ilustra um sistema de vedação que é utilizado na função estrutural, enquanto a Figura 22.b apresenta um sistema de vedação utilizado na função não estrutural. A placa OSB como dito anteriormente possui boa resistência físico mecânica, auxiliando na função estrutural do perfil de aço, sendo aplicada, portanto, na Figura 22.a.

Figura 22 - Exemplo de concepção do SVVI (Sistema de Vedação Vertical Interno) com função estrutural e exemplo de concepção do SVVI sem função estrutural.

(a) Função Estrutural

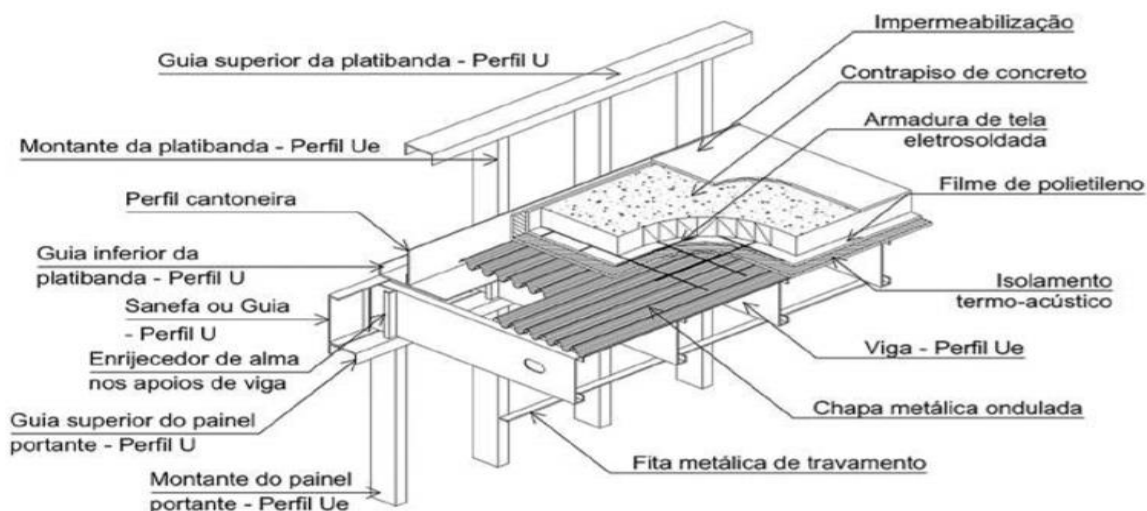
(b) Função não estrutural



Fonte: Secretaria Nacional da Habitação (2016).

Realizada a vedação, efetua-se a laje de cobertura. A Figura 23 demonstra as instalações e conexões com perfis do primeiro pavimento com um segundo. Percebe-se que se faz necessário o travamento dos perfis através das fitas e a laje é realizada conforme procedimento previsto, com placa de OSB, contrapiso armado e impermeabilizante.

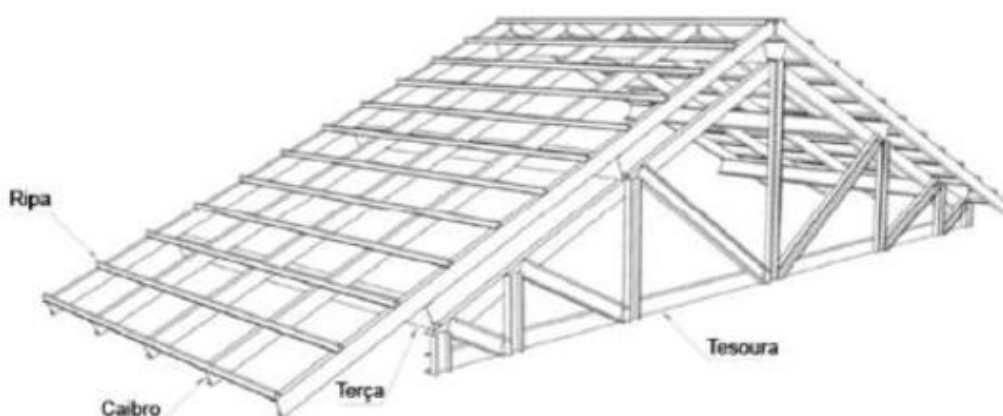
Figura 23 - Exemplificação da Laje de Uma Cobertura



Fonte: Centro Brasileiro da Construção em Aço (2016).

Após a laje de cobertura, vem a cobertura. Igualmente no trabalho, a Figura 24 apresenta a cobertura inclinada e com telhas cerâmicas. Com isso, verifica-se que o sistema em sua cobertura se assemelha ao convencional, com peças importantes nos dois sistemas, como o caibro, a terço, a tesoura e ripa.

Figura 24 - Cobertura em Telhas Cerâmicas ou Outros Materiais



Fonte: NBR 15253 (2015).

De acordo com o SINAT, tem-se alguns cuidados básicos para toda estrutura da obra:

- “Calçada externa ao redor da edificação, com no mínimo 600mm de largura;
- Inclinação mínima de 1% do piso da calçada no sentido oposto à fachada;
- Para vedações que delimitem áreas molháveis e molhadas, a impermeabilização deverá ser constituída por mantas ou membranas apropriadas para esta finalidade, na interface entre a base dos quadros estruturais e o piso e nas laterais das paredes até a altura mínima de 200mm, com a obrigatoriedade de rodapés de material impermeável com, no mínimo, 70mm de altura;
- Em todos os cômodos do pavimento térreo é obrigatória a existência de rodapé com material impermeável com pelo menos 70mm de altura;
- Instalação de barreiras impermeáveis à água e permeáveis ao vapor d’água sob os componentes de acabamento da face externa (no caso de fechamento de paredes externas);
- O tratamento contra cupins é sempre obrigatório. O tratamento fungicida é obrigatório para entrepisos de áreas de box do chuveiro; e
- Emprego de barreira impermeável à água e impermeável ao vapor na face interna das chapas de OSB em toda a área da parede que possua instalações hidráulicas internas.” (SINAT, 2016, p.7-10).

Todas essas medidas visam à durabilidade da estrutura e de seus componentes de forma a tornar o ambiente livre de umidade e obter um melhor desempenho termo acústico.

5.3.1 Fachada da Casa

Com a utilização do manual “Tecnologias de Vedação e Revestimento para Fachadas” do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA, 2014), tem-se as tecnologias que envolvem o fechamento da estrutura em aço.

A fachada não funciona apenas como um acabamento do edifício, mas sim como forma de proteção contra a ação do vento, incêndio, umidade, conforto térmico e acústico. Sua importância não fica somente em sua função, mas também no valor que representa dentro da obra, podendo chegar a até 15% do valor total da obra.

Para fins de fechamento da estrutura serão utilizadas placas OSB, que deve ter uma espessura mínima de 12 mm e prever dilatação da placa, para isso, distancia-se a placa em 3

mm uma das outras e devem ser protegidas da água com mantas de polietileno de alta densidade.

Para o acabamento final da face externa utiliza-se a placa cimentícia. São placas compostas por fibra de celulose ou sintética, cimento Portland e agregados. A escolha foi devido à alta resistência a impactos, grande resistência à umidade, ser incombustíveis, possibilidade de acabamento com pintura e rapidamente instaladas.

Para fins de fechamento interno da estrutura utiliza-se placas de gesso acartonado. São fabricadas industrialmente e contém em sua fabricação gesso, água e aditivos e são revestidas com lâminas de cartão. No caso para áreas secas serão utilizadas as placas *Standart* e para as áreas úmidas, como banheiro e cozinha, placa de resistência à umidade.

5.3.2 Desempenho Acústico

Conforme norma “Desempenho de edificações habitacionais” - ABNT NBR 15575:2013, verifica-se na Tabela 5 o isolamento acústico de um cômodo através dos níveis sonoros de inteligibilidade da fala no recinto adjacente:

Tabela 5 - Inteligibilidade da Fala no Recinto Adjacente

Inteligibilidade de Fala Alta no Recinto Adjacente	Isolamento sonoro, $D_{nt,w}$ (dB)
Claramente audível: ouve e entende	35
Audível: Ouve, entende com dificuldades	40
Audível: não entende	45
Não audível	≥ 50

Fonte: NBR 15575 (2013).

A Tabela 5 indica que, sendo $D_{nt,w}$ a redução do ruído entre dois níveis sonoros, ao aumentar a redução do ruído, menos inteligível se torna a fala entre um ambiente e outro. O presente trabalho apresenta casas isoladas em que a inteligibilidade é dificultada pela presença da lâ de vidro no interior da estrutura, como forma de proteção acústica.

O uso de materiais com a finalidade de promover um conforto sonoro também é de grande valia. Através do Quadro 12 pode-se observar que a escolha do material impacta na redução do som externo para o interno em um ambiente.

Quadro 12 Classe de Transmissão de Som para elementos construtivos, realizando-se a comparação de isolamento acústico e o peso para cada elemento

Especificação	Corte	Isolamento acústico	Peso kg/m ²
Bloco de concreto revestido c/ argamassa		43dB	200
Bloco cerâmico revestido c/ argamassa		38dB	120
Drywall com lã mineral		50dB	42

Fonte: Shimomura et al. (2007).

O Quadro 12 apresenta os materiais de Drywall com lã mineral (perfil de vedação interna da estrutura em Light Steel Frame) com isolamento acústico 14% superior que um bloco de concreto, e de peso 3 vezes inferior. Isto avalia de forma positiva o menor uso de material para a mesma obra que obtém o triplo do isolamento sonoro.

5.3.3 Conforto Térmico

O conforto térmico é fundamental em uma edificação, visto que o mesmo proporciona uma menor utilização de energia proveniente do uso com ar condicionados e aquecedores. O conforto térmico proporciona um ambiente ideal para atividades de lazer ou estudo. A norma “Desempenho Térmico das Edificações” NBR 15 220 - 3 (2005), predispõe da abertura ideal para ventilação.

Uma forma de melhorar o desempenho térmico é através da abertura para ventilação adequada. O Quadro 13 apresenta a relação da abertura para ventilação em relação a zona bioclimática, a qual a construção está inserida. A zona 8 representa o litoral nordestino e uma grande porção da região norte e norte do centro-oeste, ficando as outras zonas representando o restante do Brasil, ao qual está inserido o projeto, entre zona 3 e 4 (ELIHIMAS, 2018).

Quadro 13 - Aberturas para Ventilação Visando o Conforto Térmico

Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 7\%$ da área de piso	$A \geq 12\%$ da área de piso REGIÃO NORTE DO BRASIL $A \geq 8\%$ da área de piso REGIÃO NORDESTE E SUDESTE DO BRASIL
Nota: nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.		

Fonte: NBR 15220 – 3 (2005).

No caso, as aberturas do projeto necessitam ter no mínimo área de 7% da área do piso. Além disso, as diretrizes construtivas para a zona bioclimática 3 de condicionamento térmico passivo, segundo a NBR 15220-3 são:

- Abertura para ventilação média, permitindo sol durante inverno;
- Parede leve refletora;
- Cobertura leve isolada;
- No verão apresentar ventilação cruzada; e

No inverno apresentar aquecimento solar da edificação, assim como ter vedação interna pesada.

Na região delimitada pelo presente trabalho, Itatiba/SP, a velocidade média do vento é de 0,68 m/s, segundo análise realizada através dos dados gerados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018), dados gerados no período de 01/07/2017 a 29/06/2018. Esta velocidade, na escala Beaufort, indica aragem, o que corresponde a uma refrigeração baixa pelo vento. (INMET, 2018; DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL, 2018)

Visto que a refrigeração é baixa, tende-se a utilizar outros recursos para auxiliar no conforto térmico da residência. Um desses recursos é a utilização de “revestimentos de baixa emissividade”, que é adicionado a janela no lado interno da superfície do vidro e que no inverno são capazes de refletir o calor de volta para o cômodo e no verão bloqueiam a radiação solar infravermelha, deixando o ambiente interno com uma temperatura mais amena (HINRICHS; KLEINBACH, 2010).

6 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Ao aplicar os conceitos de ecotécnicas ao projeto tem-se inicialmente a tentativa de utilizar o vento local de Itatiba como forma de refrigeração residencial. Ao realizar o estudo verificou-se que o mesmo apresenta velocidade de 0,68 m/s, indicando aragem, segundo escala Beaufort, tornando-se ineficiente o uso de energia eólica, que necessita de uma média de 3,5 m/s a 4,5 m/s (Cresesb, 2019).

O estudo então aproveitou a insolação local para a realização do projeto. O estudo de insolação teve como resultado de radiação solar global o valor de 9,40 MJ/m².dia, ou 2,61 kWh/m².dia. A radiação solar global é toda radiação que chega ao solo, como direta e difusa, a média do território brasileiro é de 08 a 22 MJ/m².dia, segundo Atlas Solarimétrico do Brasil (2000), o valor encontrado, portanto, encontra-se na média de valores do território brasileiro, garantindo a eficácia da fórmula utilizada. O valor de radiação global, apesar de estar na média, fica acima dos valores encontrados em territórios europeus , onde o uso de recursos solares é amplamente disseminado.

Após a análise da quantidade de energia proveniente do sol, verifica-se que 22% desta energia é refletida, devido ao albedo do concreto, presente em áreas urbanas. Com isso, a energia absorvida é de 7,33 MJ/m². dia, correspondendo a 78% da radiação solar global, considerando uma superfície de concreto.

Para compor o consumo previsto no dimensionamento do sistema fotovoltaico utiliza-se equipamentos eficientes energeticamente, principalmente chuveiros, geladeiras e lâmpadas, que possuem um gasto residencial em torno de 67% do total gasto de energia em uma residência. O consumo total previsto é de 385 kWh no mês.

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) , a média de consumo na região sudeste, na categoria residencial é de 191,3 kWh no mês em 2016 (EPE, 2017). O consumo previsto, portanto, é superior, aproximadamente o dobro, o que garante também uma margem de erro a favor do consumidor.

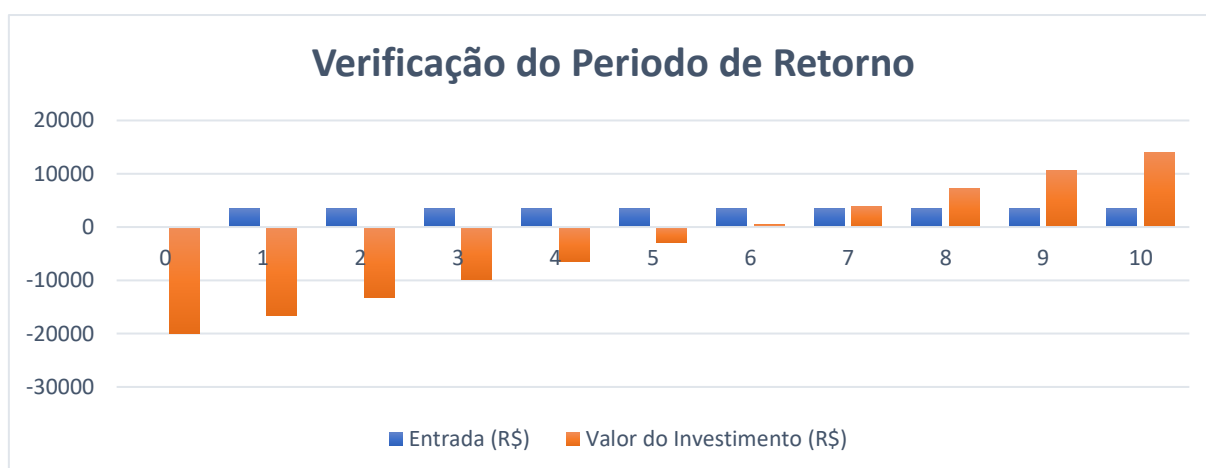
O dado utilizado como insolação média foi retirado da bibliografia e possui valor diferente do calculado no capítulo de estudo da radiação. O valor calculado é de 2,61 kWh/m².dia e o retirado da bibliografia é de 4,62 kWh/m².dia, referente ao mês de agosto. Como o valor retirado da bibliografia possui um delta de 2,58, o valor calculado encontra-se na dispersão do valor utilizado, validando o mesmo. Porém, para fins de dimensionamento e verificando que os dados da bibliografia apresentam uma média histórica, utilizam-se os

dados da bibliográfica. Ao final calcula-se onze módulos de painel fotovoltaico, com inclinação de 28° em relação à horizontal.

Para se ter uma referência no cálculo de *payback* do sistema solar, é importante verificar que existe uma tarifa a ser aplicada em relação ao uso de energia. Considerando a tarifa aplicada pela CPFL Piratininga (distribuidora local) e homologada pela ANEEL (ANEEL, 2019), tem-se a aplicação da TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição) de 0,22418 R\$/ kWh e TE (Tarifa de Energia) de R\$ 0,32874 R\$/kWh, tarifas sem ICMS. Com a aplicação do ICMS, com uma alíquota de 25%, e sem PIS/COFINS, tem-se TUSD de 0,29891 R\$/kWh e TE de 0,43832 R\$/kWh.

Como a geração é de 385 kWh ao mês, tem-se uma economia mensal de R\$ 283,83. Segundo o Instituto IDEAL, em 2017, o preço médio aplicado pelas empresas que instalam o sistema fotovoltaico era de R\$ 6,29 por Watt pico (Wp). No caso, com a utilização de 11 módulos e com a utilização do Anexo IV, cada módulo tem 240 Wp, ao todo, o preço do investimento seria em torno de R\$ 20.000,00. Mantendo a mesma tarifa ao longo dos anos, ou seja, resultando em uma economia mensal de R\$ 283,83, conclui-se que o *payback* será de aproximadamente 6 anos, conforme Figura 25:

Figura 25: Verificação do Período de Retorno para a Utilização de Energia Solar na Casa Tipo do Condomínio em Itatiba/SP



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O trabalho também apresenta a instalação de uma cisterna para armazenamento de água da chuva, proveniente do telhado; com isso, pretende-se economizar a utilização de água potável para ambientes que não necessitam, como vaso sanitário, lavagem de carro, quintal, jardinagem.

Inicialmente estuda-se o local, através da comparação de suas médias pluviométricas históricas (1961 -1990) com a última média mensal de 2017. Ao comparar os dois dados, observa-se grande semelhança, portanto, não houve uma variação histórica observável no período, podendo ser utilizado dados recentes para projeção, sem grandes diferenças de captação ao longo dos anos.

Para dimensionamento da cisterna é necessário o conhecimento do gasto residencial de água em ambientes com possibilidade de utilização de água não potável. Com isso, tem-se a base do projeto, uma casa unifamiliar, com até quatro pessoas, dois banheiros, dois carros, jardim ou gramado. O consumo total foi de 7,0 m³ por mês.

Segundo dados da Fundação de Proteção e Defesa do Consumidor (PROCON, 2019) do estado de São Paulo, o gasto médio mensal com água, para uma residência com quatro moradores é de 22 m³. Para fins de dimensionamento, utilizou-se uma cisterna de capacidade 5000 L, com previsão de suprir o consumo total de água não potável na residência.

Com base na tarifação do uso da água, pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2018), realiza-se a comparação de gastos, e o valor total da economia gerada com a utilização da cisterna.

Consumo sem cisterna:

O consumo sem cisterna, utilizando a média do consumo residencial, média de 22 m³/mês, com uma tarifa atual de R\$5,36/m³.

Com isso, tem-se um valor final na conta de R\$ 117,92.

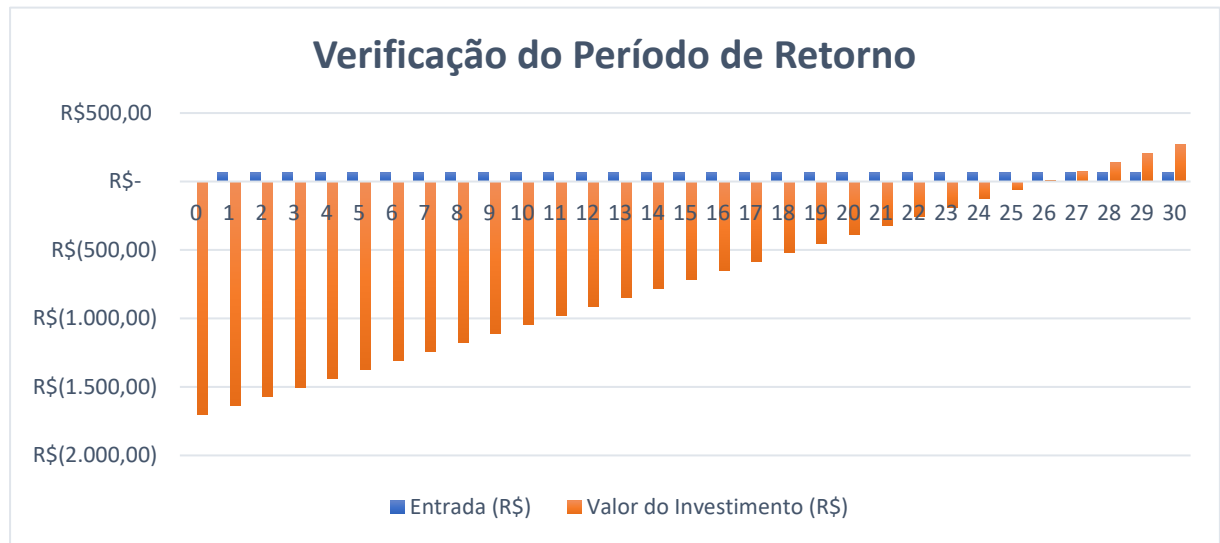
Consumo com cisterna:

O consumo com cisterna prevê um gasto médio de água de 15 m³, com uma tarifa atual de R\$ 3,49/ m³.

Com isso, tem-se um valor final na conta de R\$ 52,35.

Como pode ser verificado, a utilização da cisterna traz uma economia de aproximadamente 50% no valor da conta mensalmente. Tendo-se em vista o valor da cisterna em aproximadamente R\$ 1700,00 (Valor base do Tanque de Polietileno 5000 L da marca FORTLEVE, o *payback* da cisterna é de dois anos e meio. Fazendo referência ao pagamento da cisterna com a economia praticada, segue Figura 26:

Figura 26: Verificação do Período de Retorno da Cisterna Utilizada na Casa Tipo do Condomínio



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O projeto da casa (Anexo I), além da cisterna e do painel solar, utiliza o sistema *Light Steel Frame*, com as seguintes áreas, conforme o Quadro 14:

Quadro 14 - Áreas do Projeto Arquitetônico

Quadro de Áreas do Terreno	
Do Lote X	Área (m ²)
Área Externa	4,40
Área de Serviço	15,00
Banheiros	10,00
Sala de Estar	15,00
Sala de Jantar	15,00
Dormitório 1	12,00
Dormitório 2	12,00
Corredor	10,00
Suíte	12,00
Cozinha	16,00
Garagem	25,00
Pavimento Térreo	146,40
Total a construir	146,40
Área do Terreno	250,00
CA	58,56%

Fonte: Elabora pelo Autor.

O Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), disponibiliza a comparação da construção em alvenaria e em perfil de aço (Anexo III) para fins de lucro com a venda do empreendimento.

Para realizar a comparação com utilização da tabela fornecida pelo CBCA, apenas foram incluídas as seguintes afirmações, preenchidas para avaliação de uma unidade residencial:

- a indicação do padrão residencial - É uma residência de padrão normal, segundo dados da ABNT 12721, de 28 de agosto de 2016.
- o valor do CUB de R\$ 1.379,97/m² - O valor é referente a janeiro de 2019 para a região sudeste. (SINDUSCONSP, 2019) e as áreas utilizadas;
- Área Real – Área bruta da edificação, no caso 250 m²;
- Área Privativa – No caso 150 m².
- Valor da Venda – Valor da venda da área privativa em R\$/m², que no caso em Itatiba/ SP para os padrões estabelecidos é de R\$ 3.500,00;
- Área Equivalente – representada pela área interna da residência;
- Porcentagem do custo total da obra representado pelo CUB – adotado o valor de 40% devido ao CUB não representar todos os custos da obra, como: fundações, equipamentos e instalações, impostos e taxas, submuramentos, paredes diafragma;

Com isso obteve-se um rendimento maior ao utilizar a estrutura Light Steel Frame, chegando a um rendimento superior de R\$ 22.893,60. O valor de lucro vê o lado do empreendedor, que ao finalizar uma obra em um tempo menor, o dinheiro do projeto é antecipado, podendo o mesmo ser valorizado por atualização monetária quando comparado com o tempo em obra da construção em concreto e o tempo que demoraria para receber o mesmo valor inicial.

Além da redução do gasto de material, a estrutura quando comparada de forma a obter conforto acústico é superior ao conforto oferecido por estruturas convencionais, como de concreto, visto que a estrutura interna de *drywall*, mesmo com um peso cinco vezes inferior ao da mesma parede em concreto, apresenta isolamento superior em aproximadamente 15%.

A fim de obter uma síntese dos assuntos abordados, o Quadro 15 apresenta um comparativo entre um condomínio com utilização de ecotécnicas com um sem a utilização de ecotécnicas:

Quadro 15 – Síntese do tema abordado, realizando uma comparação de valores entre aplicar ecotécnicas e não aplicar

Condomínio			
Com Ecotécnicas - com estrutura em <i>Light Steel Frame</i>	Caixa 1	Sem Ecotécnicas - com estrutura em concreto	Caixa 2
Um Investimento de R\$ 20.000, 00 para o Sistema Solar	R\$ (20.000,00)	Sem investimento	-
<i>PayBack</i> de 6 anos	R\$ -	Gasto com a Energia Mensalmente (R\$283,83)	R\$ 20.435,76
Um investimento de R\$ 1.700,00 para a Cisterna	R\$ (1.700,00)	Sem investimento	-
<i>PayBack</i> de 26 meses (Economia de 50% na fatura)	R\$ (1.361,10)	Sem Economia na fatura em 26 meses	R\$ 3.065,92
Um investimento em Light Steel Frame	R\$ 427.978,59	Um investimento em concreto	R\$ 431.240,63
Total	R\$ 404.917,49	Total	R\$ 454.742,31
Diferença	49.824,82		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se que a médio prazo o empreendimento com ecotécnicas é viável, obtendo uma diferença de caixa em R\$ 49.824,82 em relação ao empreendimento sem ecotécnicas aplicadas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho analisou a utilização de ecotécnicas na cidade de Itatiba/ SP, a fim de verificar a possibilidade e o desenvolvimento de técnicas como a captação de água da chuva e a energia distribuída. Além do mais, a estrutura da casa, em *Light Steel Frame*, complementa a utilização das técnicas utilizadas, devido a menor utilização de água em sua fabricação, menor quantidade de entulho em obra e rapidez na execução, quando comparado com a construção que utiliza blocos de concreto ou alvenaria.

Durante o desenvolvimento do tema, o mais interessante foi a relevância do mesmo em congressos e em trabalhos acadêmicos. Este fato, demonstra que apesar do desenvolvimento de novas culturas na sociedade ser gradativo, a cultura do meio ambiente e esse olhar do microambiente para o macro é realizada. Além de tudo, o trabalho proporcionou um grande crescimento teórico e pessoal, advindo de técnicas pré-conhecidas e que ao serem exploradas abrem o horizonte de suas aplicações.

Para a aplicação das técnicas abordadas, foi necessário um prévio estudo do local que ajudaram na análise dos dados de bibliografia. O estudo demonstra que técnicas de energia eólica não se adequam ao local devido à baixa velocidade do vento. Por essa razão foi empregada a construção de painéis solares, que tendem a suprir o consumo total de cada casa tipo. Apesar de Itatiba ter uma insolação dentro da média brasileira, o *payback* da energia solar é de 6 anos.

Todavia, é um sistema previsto em que supre a demanda residencial. Vale ressaltar que por ser a medida de crédito em rede, uma medida relativamente nova para atribuições e avanços, Resolução Normativa nº482/2012, tem-se muito a avançar nesse campo, principalmente na verificação de tarifas e créditos ao consumidor, o que reduziria o *payback*.

A segunda técnica abordada foi a captação de água da chuva, utilizando uma cisterna com capacidade inferior ao que poderia captar em épocas de cheia, e mesmo assim, supre o abastecimento da casa para locais que utilizam água não potável e é eficaz na redução de custos. A redução de custos foi de 50% em relação ao total que seria pago pelo consumidor ao mês. Esta técnica se demonstra viável economicamente, por ter um investimento “barato” se comparado com a técnica de energia solar e o retorno é imediato.

Para complementar, a aplicação de *Light Steel Frame*, se demonstrou viável frente a construção em concreto, visto que propõe uma rentabilidade de venda superior de R\$ 22.893,60. É uma técnica crescente em frentes de obras de maiores proporções, porém,

verifica-se que mesmo na aplicação em uma residência, uma obra pequena, é viável economicamente.

O problema encontrado ainda em fabricações deste tipo é a falta de mão de obra qualificada, visto que é uma estrutura pouco empregada na construção no Brasil. Outro fator é o dispêndio de dinheiro rápido devido a um prazo de construção mais enxuto.

O *Light Steel Frame* não melhora apenas na rentabilidade da obra, no menor prazo de entrega e redução de entulho, a estrutura e seus complementos de fechamento propõe ao ambiente um melhor conforto termo acústico, em uma espessura inferior ao concreto. Com isso, faz-se menor a utilização de ar condicionados e aquecedores, reduzindo o gasto de energia.

Em conclusão das técnicas abordadas, o *Light Steel Frame* e a captação de água da chuva mostram-se mais eficazes em questão de viabilidade econômica, porém a energia solar, apesar do seu alto investimento, supre a demanda residencial em uma área compacta da residência e, principalmente, em um local em que não possui médias de insolação altas.

A proposta inicial foi cumprida e verificada a possibilidade de realização, com isso, os avanços das tecnologias aplicadas e a utilização de normas que facilitem o acesso à essas tecnologias, tendem a ser técnicas cada vez mais difundidas e rentáveis, fazendo com que o mesmo estudo apresente diferentes rentabilidades ao longo dos anos.

São apresentadas algumas considerações para estudos posteriores:

- Realizar a gestão de resíduos sólidos no condomínio, empregando técnicas de tratamento mecânico, como separação do mesmo e reciclagem;
- Realizar o tratamento de efluentes residencial através de biodigestores.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Os efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos: desafio para a gestão**. Brasília: ANA (Agência Nacional de Águas), 2010, 20 p. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20151106083606_Os%20Efeitos%20das%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20sobre%20os%20Recursos%20H%C3%ADricos%20-%20desafios%20para%20a%20gest%C3%A3o_Link%20dentro%20do%20texto%20da%20apresenta%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 14 set. de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Ranking das Tarifas – tarifas vigentes homologadas pela ANEEL**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>. Acesso em 19 abr. de 2019.

AGUIAR, Marcela Nunes. **Proposta de método de análise de coerência de políticas na interface nacional-global de agendas de desenvolvimento: estudo aplicado ao PPA 2016-2019 do Governo Federal do Brasil diante da agenda 2030 da ONU para o Desenvolvimento Sustentável**. 2010. 543 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência Ambiental) – Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/5286>. Acesso em: 19 jul. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Programa setorial da qualidade: PSQ de cimento portland**. São Paulo: PBQP / SiMaC, 2017. 15p.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721**: avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762**: dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: desempenho térmico de edificações parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15253**: perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: edificações habitacionais - desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: ações e segurança nas estruturas - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO DE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Racionalização e industrialização da construção serão predominantes no futuro:** obras 24h. Disponível em: http://www.apemec.com.br/view_news.php?id=1035. Acesso em: 17 jul. 2018.

ATLAS BRASIL. **Consulta.** Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>. Acesso em: 15 jul. 2018.

BANCO DE OBRAS. **Habitação:** outros. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/banco-de-obras/obra/casa-dentrofora>. Acesso em: 12 maio 2019.

BRASIL. **Lei nº 4.591:** dispõe sobre o condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias. Brasília, 1964. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4591.htm. Acesso em: 26 ago. 2018.

BRASIL. **Lei nº10.295:** dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências, de 17 de outubro de 2001. Brasília, 2001. Disponível em: http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/lei%2010.295-2001?OpenDocument. Acesso em: 18 jul. 2018.

BRASIL. **Resolução normativa nº482:** estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2018.

BUSS, Paulo M. **Implementação da agenda 2030 e dos ODS:** perspectivas do Brasil. Rio de Janeiro: Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz, 2017. Disponível em: <http://cee.fiocruz.br/?q=node/601>. Acesso em: 18 jul. 2018.

CAVALCANTI, Clóvis de Vasconcelos et al. **Desenvolvimento e natureza:** estudos para uma sociedade sustentável. Recife: INPSO/FUNDAJ, (CBCA). Ministério da Educação, Governo Federal, 1994. 262 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Andri_Stahel/publication/242508694_DESENVOLVIMENTO_E_NATUREZA_Estudos_para_uma_sociedade_sustentavel/links/02e7e52dec936ba1f7000000/DESENVOLVIMENTO-E-NATUREZA-Estudos-para-uma-sociedade-sustentavel.pdf. Acesso em: 25 jul.2018.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **Estatísticas.** Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-estatisticas.php>. Acessado em: 12 maio 2019.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **Steel framing:** Engenharia. 2. ed. Rio de Janeiro: CBCA, 2014. 224p.
CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **Sustentabilidade.** Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-sustentabilidade.php>. Acesso em: 12 maio 2019.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **Tecnologias de vedação e revestimentos para fachadas.** Rio de Janeiro: CBCA, 2016.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **Vantagens**. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-vantagens.php>. Acesso em: 12 maio 2019.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO (CRESEB). **Base de dados de irradiação**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS (CIIAGRO). **Chuva mensal**. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/quadros/qchuvaperiodo.asp>. Acesso em: 15 fev. 2019.

CLIMATE DATA ORG. **Clima Itatiba**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/itatiba-999179/>. Acesso em: set. 2018.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Agência virtual**: conheça nossas tarifas. São Paulo: SABESP, 2018. Disponível em: <https://www9.sabesp.com.br/agenciavirtual/pages/template/siteexterno.iface?idFuncao=13>. Acesso em: 22 mar. 2019.

DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. **Escala Beaufort**. Prefeitura de Santo André, 2019. Disponível em: <http://www3.santoandre.sp.gov.br/defesacivil/escala-de-beaufort/>. Acesso em: 14 jan. 2019.

ELETROBRÁS. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil**: pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso: ano base 2005: classe residencial: relatório Sudeste. Rio de Janeiro, 2007. 181 p. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br>, 2019. Acesso em: 17 jul. 2018.

ELIHIMAS, Francisco. **A norma NBR 15.575 e o conforto térmico em edificações habitacionais**. São Paulo: CAU - Conselho de Arquitetura e Urbanismo da Cidade de São Paulo, 2018. 17p.

EMBRAPA. **Cisternas para armazenagem de água de chuva**. Brasília: EPE, 2005. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_l8q82c2e.pdf. Acesso em: out. 2005.

EPE. **Anuário estatístico**. Brasília: EPE. 2017. Disponível em: <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>. Acesso em: 09 out. 2018.

ERBERELLI, Nathália Pivatto; SILVA, João Ubiratan de Lima e; PHILIPPINI, Ruth Aparecida Sales. **Evolução da Radiação Solar e da Evaporação na Região de Guaratinguetá Vale do Paraíba – São Paulo – Brasil**. Guaratinguetá: UNESP, 2017. 12 p.

ESCOLA EDTI. **PDCA e PDSA**: entenda as principais diferenças. Disponível em: <https://www.escolaedti.com.br/pdca-e-pdsa-entenda-as-principais-diferencas/>. Acesso em: 29 abr. 2019.

FORTLEV. **Catálogo de produtos.** [201-?]. Disponível em: https://www.fortlev.com.br/uploads/2015/03/catalogo_de_produtos.pdf. Acesso em: 15 fev. 2019.

FUNDAÇÃO DE PROTEÇÃO E DEFESA DO CONSUMIDOR (PROCON). **Orientações de consumo.** São Paulo: Fundação PROCON. Disponível em: <http://www.procon.sp.gov.br/texto.asp?id=681>. Acesso em: 15 mar. 2019.

GOOGLE. Mapas, Itatiba/SP, Google Maps. **Localização do município de Itatiba/SP.** Escala 1: 2000. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 08 ago. 2018.

GÖTTERT FILHO, Renato José. **Adequação Sustentável de Um Protótipo Residencial Unifamiliar Através dos Projetos Hidrossanitário e Pluvial.** 2016. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2016. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4067/Renato%20Jos%c3%a9%20G%c3%b6ttert%20Filho.pdf?sequence=1>. Acesso em 10 de nov. de 2018.

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e meio ambiente.** 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 543 p.

IDEAL. **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica.** 5. ed. Florianópolis: IDEAL. 2018. 74 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água da chuva.** São Paulo, 2015. 28 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações convencionais.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/dspDadosCodigo.php?ODM3ODE=>. Acesso em: 14 ago. 2018.

ITATIBA (Município). **Lei n.º 4.443**, dispõe sobre o uso e a ocupação do solo no território do município de Itatiba e dá outras providências, de 01 de fevereiro de 2012, Itatiba. Disponível em: <http://www.itatiba.sp.gov.br/Ano-de-2012/lei-no-4443-dispoe-sobre-o-uso-e-a-ocupacao-do-solo-no-territorio-do-municipio-de-itatiba-e-da-outras-providencias.html>. Acesso em: 29 ago 2018.

ITATIBA (Município). **Lei nº 2.965:** código de obras, de 17 de dezembro de 1997, Itatiba. Disponível em: <http://www.itatiba.sp.gov.br/Codigo-de-Obras/codigo-de-obras.html>. Acesso em: 25 ago 2018.

ITATIBA (Município). **Lei nº 3.761:** dispõe sobre o parcelamento do solo e outras alternativas de urbanização para o território do Município de Itatiba e dá outras providências, de 14 de setembro de 2004. Itatiba, 2004. Disponível em: <http://www.itatiba.sp.gov.br/Ano-de-2004/lei-no-3761.html>. Acesso em: 25 ago. 2018.

ITATIBA (Município). **Lei nº 4.325:** plano diretor de Itatiba, de 20 de janeiro de 2011. Disponível em: <http://www.itatiba.sp.gov.br/Plano-Diretor/plano-diretor.html>. Acesso em: 25 ago. 2018.

KRANNICH SOLAR. **Bosch solar module c-Si M 60 17 M240 3BB**. [S.l.]. BOSCH. [2018]. Disponível em: https://pt.krannich-solar.com/fileadmin/content/data_sheets/solar_modules/portugal/Bosch_240_KD18015_PT_01.pdf. Acesso em: 15 dez. 2018.

LAGO, André Aranha Corrêa do. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: o Brasil e a três conferências ambientais das Nações Unidas**. Brasília: Instituto Rio Branco, 2006. v. 1, 279 p.

LANTELME, Elvira Maria Vieira. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. 1994. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção – Avaliação e Inovação Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102125/213860.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 jul. 2018.

MACHADO, Cristiane Maria Alves. **Sistema de gestão ambiental aplicada na construção civil**. 2014. 29f. Monografia (MBA em Gestão Ambiental – Setor de Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MARIN, Fábio. **Influência do clima na bioconversão vegetal: parte II deficiência hídrica. meteorologia agrícola**. [Piracicaba]: USP, 2017. p.1-22. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3490341/mod_resource/content/1/Meteoro_aula12-Clima_ProducaoVegetal.pdf. Acesso em: 20 set. 2018.

OLIVEIRA, A. E. W. et al. Reutilização e aproveitamento da água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 52., 2012. Recife. **Anais [...]** Recife: ABQ, 2012. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2012/trabalhos/14/437-13886.html>. Acesso em 20 ago. de 2018.

OLIVEIRA, Luiz F. C. et al. **Potencial de redução do consumo de energia elétrica pela utilização de aquecedores solares no Estado de Goiás**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal jul./set. 2008. n.3, p.406-416. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162008000300002&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em 22 set de 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL. 17 Objetivos para Transformar Nosso Mundo. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/> Acesso em: 14 jul. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **17 objetivos para transformar nosso mundo**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: 14 jul. 2018.

PELAEZ, Carlos Manuel. **O desenvolvimento da indústria do aço no Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1970.

PENNA, Fernando Cesar Firpe. Revisão Bibliográfica. In: __. **Sistema light steel frame: análise da viabilidade econômica do sistema light steel framing na execução de habitações de**

interesse social: uma abordagem pragmática. 2009. f. 24-39. Dissertação (Mestre em Construção Civil – Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em:

http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ISMS-8FNK3S/universidade_federal_de_minas_gerais_1.pdf?sequence=1. Acesso em: 15 jul. 2018.

PORTAL DA INDÚSTRIA. **Participação percentual do setor no PIB industrial**. Disponível em: <http://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/sp>. Acesso em: 14 jun. 2018.

PREFEITURA DO MUNICIPIO DE ITATIBA. **Sobre Itatiba: história**. Disponível em: <http://www.itatiba.sp.gov.br/Sobre-Itatiba/historia.html>. Acesso em: 25 ago. 2018.

PROJETO SWERA. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. 64p. Disponível em: http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf. Acesso em: 20 jan. 2019.

QUALIDIA. **O modelo de ciclos de melhoria contínua da qualidade na saúde**. Disponível em:

http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/16_11_2011_10.33.07.7fd337c0b5392ab86e16305cc5acbb71.pdf. Acesso em: 15 abr. 2019.

SANTOS, Roseane de Queirós. **Contextualização do tema e apresentação do problema de pesquisa: inovação sustentável: um estudo de multicasos em empresas da construção civil**. 2017. 138 f. Dissertação (Mestrado em Administração e Sociedade – Gestão Estratégica, Trabalho e Sociedade) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

SECRETARIA NACIONAL DA HABITAÇÃO (SINAT). **Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas: sistemas leves tipo “light steel framing”**. Brasília: Ministério das Cidades, 2016. 71 p.

SHIMOMURA, Alessandra Prata et al. **Transmissão sonora: desempenho acústico arquitetura e urbanismo**. São Paulo: FAU – USP, 2007. 57 p. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0278/Aulas/AUT%200278%20Aula%2007%20-%20Transmiss%C3%A3o%20Sonora.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2018.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINDUSCON). **Custo Unitário Básico da Construção Civil**. São Paulo: SINDUSCON, 2019. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/cub/>. Acesso em: 29 jan. 2019.

SUDBRACK, Larissa Oliver. **Casa zero: diretrizes de projeto para casas pré-fabricadas de balanço energético nulo em Brasília**. 2017. 242 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

TASCHNER, Gisela B. (Ed). Lazer, Cultura e Consumo. RAE – REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS, São Paulo: FGV, v.40, n.4, out. /dez. 2000. 10p.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água não potável**. 2009. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2003.pdf. Acesso em: 15 nov.2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO/ELETOBRÁS/CHESF. **Atlas solarimétrico do Brasil**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. 116p. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf. Acesso em: 15 fev. 2019.

VEIGA, José Eli da. **Desenvolvimento sustentável: desafio do século XXI**. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2005. 220p. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2004000200016. Acesso em: 14 jul. 2018.

VIGGIANO, Mário Hermes. Autonomia energética em residências unifamiliares: a experiência do projeto casa autônoma. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais**[...] Foz do Iguaçu, 2002. 10p.

VIGGIANO, Mário Hermes. Bases conceituais do projeto casa autônoma. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro (SP). **Anais** [...]. São Pedro: ENAC, 2001. 8 p.

VILLALVA, M. G. **Energia solar fotovoltaica**. 2. ed. São Paulo: Érica| Saraiva, 2017.

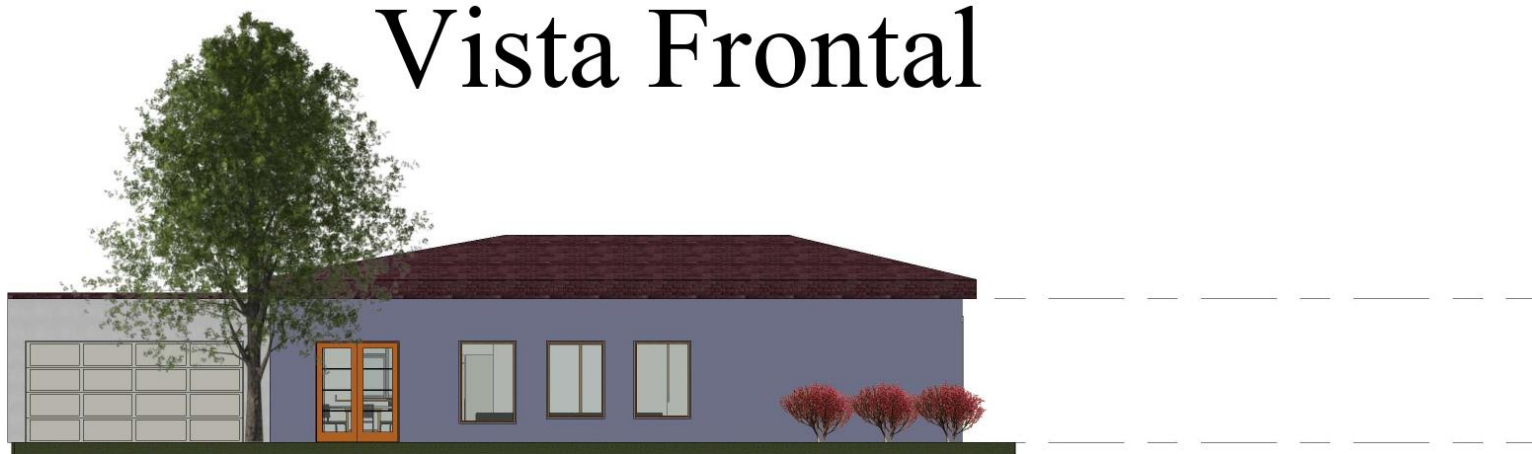
(continua)



APÊNDICE A – CASA TIPO DO CONDOMÍNIO

(continuação)

Vista Frontal



APÊNDICE A – CASA TIPO DO CONDOMÍNIO

(continuação)

Vista Lateral Direita



APÊNDICE A – CASA TIPO DO CONDOMÍNIO

(continuação)

Vista Posterior



APÊNDICE A – CASA TIPO DO CONDOMÍNIO

(conclusão)

Vista Lateral Esquerda



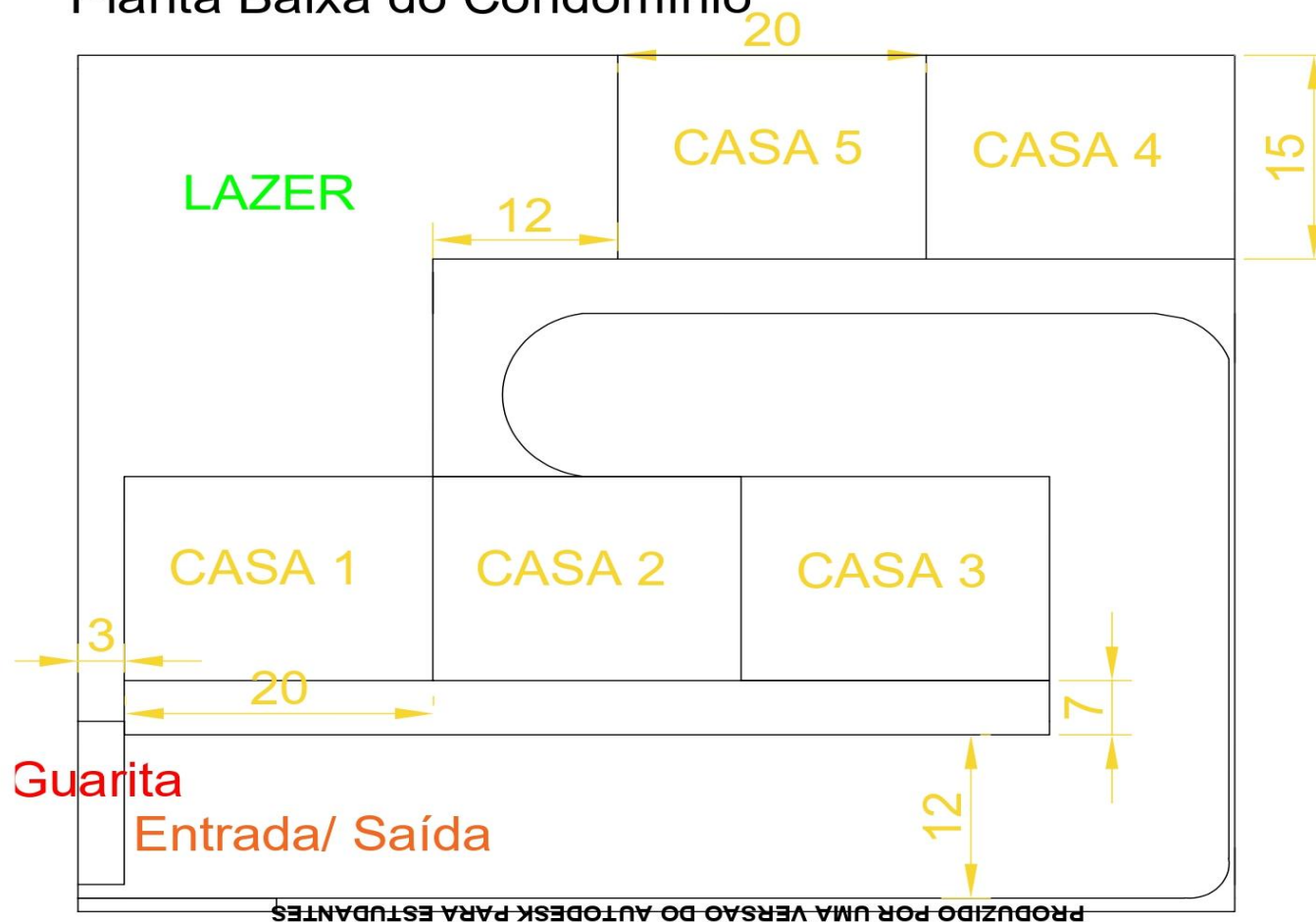
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

APÊNDICE B – PLANTA BAIXA DO CONDOMÍNIO

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

ANEXO II

Planta Baixa do Condomínio



PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

Fonte: Elaborada pelo Autor (2019).

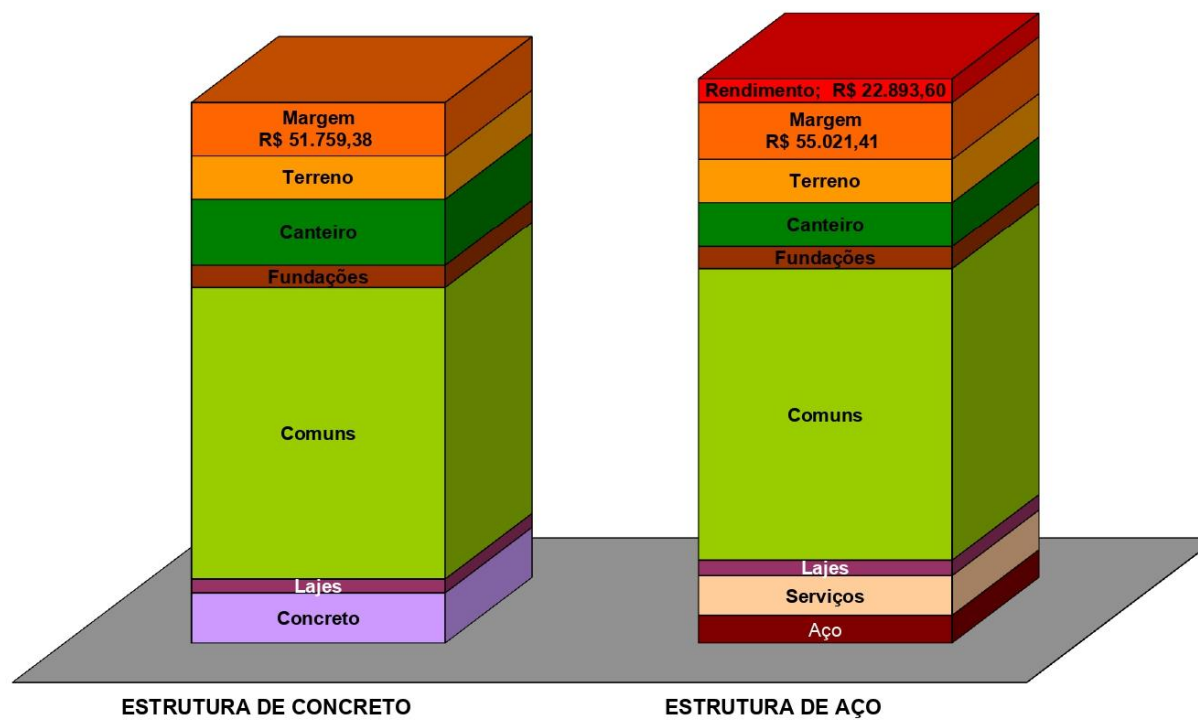
APÊNDICE C – COMPARATIVO AÇO E CONCRETO

O Apêndice C apresenta o recurso utilizado no cálculo do rendimento do empreendimento em aço em comparação com o mesmo empreendimento em concreto. Vale ressaltar que a tabela de viabilidade econômica é uma referência do Conselho Brasileiro de Construção em Aço, obtida através do *site* do mesmo, no módulo de viabilidade econômica.

É importante a análise dos parâmetros adotados a fim de verificar se são parâmetros médios de comportamento da estrutura e que se baseiam no CUB. Com isso, por não possuir um orçamento tão preciso e detalhado o custo ao final do empreendimento pode resultar em diferentes valores do que o obtido na tabela.

No presente trabalho a abordagem mais ampla da viabilidade econômica permite uma avaliação pouco detalhada do orçamento o que é útil para fins de estudos preliminares.

A tabela foi utilizada para o cálculo dos valores totais de cada método construtivo e a imagem serve de comparativo entre o gasto em cada etapa do processo para cada método. Ao final a viabilidade econômica aqui tratada visa ao lucro e a rentabilidade do proprietário do terreno.

ANEXO D – COMPARATIVO AÇO E CONCRETO REALIZADO NA PLANILHA DO CBCA

Fonte: CBCA (2019).

ANEXO E – COMPARATIVO DE CUSTOS AÇO E CONCRETO

CBCA		EMPREENDIMENTO EM AÇO					CUB →	jan-19		
Centro Brasileiro da Construção em Aço										
Versão 1.0	Projeto →	Condomínio Sustentável	Tipo →	R8	Padrão →	Normal	R\$/m²	1379,97		
VALOR GERAL DE VENDA - VGV										
		Área Real (AR) →	250	m²				R\$	R\$/m² (AR)	
		Área Privativa (AP) →	150	m²	→	60	% Área Real			
		Valor de Venda (VV) →	3.500,00	R\$/m² (AP)	VGV = VV x AP →			525.000,00	2100,00	
EMPREENDIMENTO EM CONCRETO		Margem sobre a receita →	10	% VGV	Margem →			51.759,38	207,04	
		Custo do terreno →	8		Terreno →			42.000,00	168,00	
		Custo da construção →	82		Construção em concreto →			431.240,63	1724,96	
CONSTRUÇÃO EM CONCRETO										
Custo da construção		Área equivalente (AE) →	125	m²	→	50	% Área Real			
		Custo Unitário Básico (CUB) →	40	% Custo Construção	Custo Básico (CUB x AE) →			172.496,25	689,99	
		Custos não inclusos no CUB →	60		Custos não inclusos no CUB →			258.744,38	1034,98	
Estrutura		Custo estrutura de concreto armado →	1500,00	R\$/m³	13	cm esp. média	Estrutura →	48.750,00	195,00	
Lajes		Área das lajes →	150	m²	→	60	% Área Real			
		Custo laje de concreto armado →	1000,00	R\$/m³	9	cm esp. média	Lajes →	13.500,00	54,00	
		Custo (Estrutura+Lajes) →	14	% Custo Construção	Estrutura em concreto →			62.250,00	249,00	
		Outros custos da construção →	86		Outros custos →			368.990,63	1475,96	
		Prazo Previsto →	18	meses	Construção em concreto →			431.240,63	1724,96	
CONSTRUÇÃO EM AÇO										
Estrutura de aço		Área estruturada = AR →	250	m²				R\$	R\$/m² (AR)	
		Taxa média de aço →	36	kg/m²						
		Massa da estrutura →	9.000	kg						
		Custo dos materiais →	3,00	7,00	R\$/kg	Estrutura de aço →			63.000,00	252,00
	Custo dos serviços →	4,00								
Proteção contra incêndio		Área a ser protegida →	150	m²	→	60	% Área Real			
		Custo dos materiais →	5,00	R\$/m²	Proteção contra incêndio →			2.550,00	10,20	
		Custo dos serviços →	12,00							
Lajes		Área das lajes →	150	m²	→	60	% Área Real			
		Custo dos materiais →	70,00	R\$/m²	Lajes →			15.000,00	60,00	
		Custo dos serviços →	30,00							
		Custo (Estrutura+Proteção+Lajes) →	19	% Custo da construção em aço	→ +	29	%	Estrutura em aço →	80.550,00	322,20
15	% Custo da construção	Custo da administração e canteiro →	10		→	33	% redução (prazo)	Canteiro →	43.124,06	172,50
5	% Custo em concreto	Custo das fundações →	5		→	0	% redução	Fundações →	21.562,03	86,25
		Outros custos da construção →	66		Outras reduções/acrêscimos →			0,00	0,00	
		Prazo previsto →	12	meses	Construção em aço →			427.978,59	1711,91	

Fonte: CBCA (2019).

ANEXO F – MÓDULO SOLAR BOSCH – DISTRIBUIDOR KRANNICH SOLAR


BOSCH
Bosch Solar Module c-Si M 60 17 M240 3BB
Eficiência

14.6%

Garantía

Produto garantido por 10 anos.

90% potência taxada durante 10 anos.

80% potência taxada durante 25 anos.

Certificações

IEC/TÜV, Protection Class 2

Dados elétricos

Potência (Wp)	240.0
V _{mpp} (V)	30.0
I _{mpp} (A)	8.1
V _{ca} (V)	37.4
I _{cc} (A)	8.6
Tolerância	+4,99 Wp
V _{max} (V)	1000.0

Coefficientes térmicos

Coef. P (°/°C)	-0.46
Coef. I (°/°C)	0.03
Coef. V (°/°C)	-0.32

Dimensões e peso

Longo (mm)	1660
Largo (mm)	990
Alto (mm)	50
Peso (kg)	21
Área (m ²)	1.64


Desde 1886

Bosch, empresa FV e símbolo de garantia indiscutível no setor das energias renováveis, fabrica módulos para os clientes da Krannich Solar desde 2009. A Bosch entrou no mercado das ER adquirindo várias empresas do setor. Assim, a fábrica FV ganhou uma quota significativa do mercado da energia solar.

A fabricação de lingotes, wafers e células solares é feita nas fábricas da Bosch Solar. Além disso, os painéis fotovoltaicos são feitos nas antigas instalações das outras empresas adquiridas. A empresa é, portanto, integrada verticalmente na cadeia de valor fotovoltaico, o que lhe permite implementar economias de escala.

Componentes

Tipo célula	Monocrystalino
Nº Células	60
Célula (mm)	156
Conector	MC4

Embalagem pallet

Unidades por pallet	30
Medidas do pallet (mm)	1760x1100x1800
Peso (kg)	645.0

Contenedor

Pallets	15
Unidades	450
Peso (kg)	9675.0

Ref: KD18015

Os dados técnicos podem ser modificados em qualquer momento sem prévio aviso. Reservados todos os direitos. Não se descartam possíveis erros.

Krannich Solar, S.L.U.

Av. Santiago, 278, 4520-470, Rio Meão Portugal

Tel.: +35 1256 109 139 · Fax: +34 961 594 686 · info@pt.krannich-solar.com

www.krannich-solar.com

Fonte: KRANNICH SOLAR (2018).