

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RODOLFO DA COSTA RIBAS ROQUE

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS SUSTENTÁVEIS NO PROJETO  
HABITACIONAL DE SÃO PEDRO-SP**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2016

RODOLFO DA COSTA RIBAS ROQUE

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS SUSTENTÁVEIS NO PROJETO  
HABITACIONAL DE SÃO PEDRO - SP**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil.  
Orientador: Prof. Dr. Arthur Medeiros.

CURITIBA

2016

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### **APLICAÇÃO DE CONCEITOS SUSTENTÁVEIS NO PROJETO HABITACIONAL DE SÃO PEDRO – SP**

Por

**RODOLFO DA COSTA RIBAS ROQUE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado Ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 24 de novembro de 2016, pela seguinte banca de avaliação:

---

Prof. Orientador –Arthur Medeiros, Dr.

UTFPR

---

Prof. Marcelo Queiroz Varisco, Msc.

UTFPR

---

Prof. Valter Antonio Ruy, Msc.

UTFPR

## RESUMO

ROQUE, Rodolfo C.R. **Aplicação de conceitos sustentáveis no projeto habitacional de São Pedro – SP**. 2016. 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2016.

O tema sustentabilidade já não é mais novidade no cenário da construção civil. Há alguns anos o que seria o diferencial da habitação de alto padrão, hoje é primordial em qualquer empreendimento independentemente do nível social objetivado. Tendo em vista essa alteração, agora, fundamental nos projetos construtivos, no presente trabalho é proposto a alteração de um projeto de habitação popular da cidade de São Pedro – SP visando a escolha e a implantação das estratégias bioclimáticas mais indicadas para a região. O trabalho se faz necessário, pois nos últimos anos o Brasil, seguindo essa corrente, instituiu várias medidas em prol do desenvolvimento sustentável como a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), que tem como uma de suas diretrizes o estímulo e o apoio à manutenção e à promoção de padrões sustentáveis de produção e consumo (art. 5º, XIII), e como um de seus instrumentos a adoção de critérios de preferência nas licitações e concorrências públicas para as propostas que propiciem maior economia de energia, água e outros recursos naturais e redução da emissão de gases de efeito estufa e de resíduos (art. 6º, XII). Assim sendo, a inclusão de medidas na concepção de projeto que conciliem o crescimento econômico, desenvolvimento social e a proteção ambiental num empreendimento é algo essencial para organizações que participam de licitações públicas. O trabalho apresenta a mudança do posicionamento dos cômodos da residência, rotação da posição da casa em relação ao trajeto solar e a alteração da planta baixa com o propósito de otimizar, simultaneamente, a captação de água pluvial e ventilação natural.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Estratégia bioclimática. Carta Givoni.

## ABSTRACT

ROQUE, Rodolfo C.R. **Applying sustainable concepts in housing project in São Pedro - SP**. 2016. 51 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2016.

The theme of sustainability is no longer a novelty in the construction stage. A few years ago what would be the upscale housing differential is now paramount in any enterprise regardless of objectified social level. Given this change now fundamental in construction projects, the proposal of this work is the modifying of a public housing project in São Pedro - SP seeking the choice and implementation of bioclimatic strategies most suitable for the region. The work is necessary because in recent years Brazil, following this chain, instituted various measures for sustainable development as the Law No. 12.187, of December 29, 2009, which established the National Policy on Climate Change (NPCC) which has as one of its guidelines the encouragement and support for the maintenance and promotion of sustainable patterns of production and consumption (art. 5, XIII), and as one of its instruments adopting preference criteria in tenders and bids for proposals that provide greater energy savings, water and other natural resources and reducing emissions of greenhouse gases and waste (art. 6, XII). Therefore, the inclusion of measures in the project design that balance economic growth, social development and environmental protection in an enterprise is something essential for organizations participating in public bids. The work presents the change of the positioning of the rooms of the residence, rotation of the position of the house in relation to the solar path and the alteration of the low plant with the purpose of optimizing, simultaneously, the capture of rain water and natural ventilation.

**Keywords:** Sustainability. Bioclimatic strategy. Letter Givoni.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Zoneamento bioclimático brasileiro. ....	19
Figura 2 – Carta bioclimática das normas climatológicas de uma cidade zona 3.....	20
Figura 3 – Localização das células com dados medidos. ....	21
Figura 4 – Exemplo de carta solar da cidade de Florianópolis.....	24
Figura 5 – Croqui explicativo dos elementos da carta solar. ....	24
Figura 6 – Fluxograma das aplicações práticas da energia solar.....	25
Figura 7 – Variação da radiação solar no Brasil.....	26
Figura 8 – Painel fotovoltaico instalado no telhado de uma casa.....	27
Figura 9 – Cisterna.....	28
Figura 10 – Sistema de captação com cisterna.....	29
Figura 11 – Projeto de implantação urbanística.....	30
Figura 12 – Projeto da planta térreo.....	31
Figura 13 – Planta humanizada.....	31
Figura 14 – Obra na fase de acabamento sem infraestrutura.....	33
Figura 15 – Carta solar do projeto original.....	36
Figura 16 – Nova carta solar da frente da residência.....	37
Figura 17 – Representação da ventilação cruzada.....	38
Figura 18 – Representação da planta baixa sugerida.....	39
Figura 19 – Ventilação cruzada na planta sugerida.....	39
Figura 20 – Carta solar das placas fotovoltaicas.....	40
Figura 21 – Representação das placas fotovoltaicas no telhado.....	42
Figura 22 – Comparação das elevações laterais.....	43
Figura 23 – Selo PROCEL de uma máquina de lavar.....	44
Figura 24 – Elevação para detalhar a cisterna.....	45
Figura 25 – Representação das quadras rotacionadas.....	46

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperaturas mínimas e máximas de São Pedro - SP .....	35
Gráfico 2 – Umidades relativas do ar, mínimas e máximas de São Pedro - SP .....	35
Gráfico 3 - Incidência dos ventos da cidade de São Pedro- SP.....	38
Gráfico 4 – Produção de energia mensal estimada em kwh. ....	42

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Áreas institucionais.....	32
Quadro 2 – Áreas verdes.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das placas fotovoltaicas.....	41
--	----

## LISTA DE ACRÔNIMOS

IPEA	Instituto de Política Econômicas Aplicada
ONU	Organização das Nações Unidas
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
UNCED	<i>United Nations Conference on Environment and Development</i>
ANA	Agência Nacional de Águas
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
PROJETEEE	Projetando Edificações Energeticamente Eficientes
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica

## LISTA DE SIGLAS

PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
MCMV	Minha Casa Minha Vida
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.3	JUSTIFICATIVA.....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
2.1	SUSTENTABILIDADE .....	16
2.2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	17
2.2.1	Zoneamento bioclimático brasileiro .....	18
2.2.2	CONFORTO TÉRMICO.....	21
2.2.3	Programa de análises bioclimáticas .....	23
2.2.4	Aberturas de janelas.....	23
2.2.5	Energia solar .....	25
2.2.6	Painéis fotovoltaicos como fonte de energia .....	26
2.3	USO RACIONAL DA ÁGUA .....	27
2.3.1	Uso de água pluvial .....	28
2.3.2	Área de captação.....	29
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
3.1	ESTUDO DE CASO.....	30
3.1.1	Apresentação do empreendimento.....	30
3.1.2	Memorial descritivo da unidade .....	32

3.1.3	Etapa da obra .....	33
3.2	METODOLOGIA .....	34
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>35</b>
4.1	ESTRATÉGIAS BIOBLIMÁTICAS SUGERIDAS .....	35
4.1.1	Inércia térmica para aquecimento.....	36
4.1.2	Ventilação natural .....	38
4.2	PLACAS FOTOVOLTAICAS .....	40
4.2.1	Orçamento das placas fotovoltaicas .....	41
4.3	CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL .....	42
4.3.1	Cisterna .....	44
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos percebeu-se que o aquecimento global é um fato, os cientistas, considerados mais pessimistas, que defendiam que o planeta estava entrando em colapso estavam certos. O aumento da temperatura das águas do Oceano Pacífico, por exemplo, ocasiona uma alteração no fenômeno El Niño e, cada vez mais, as chuvas torrenciais estão surpreendendo populações de regiões em áreas de riscos, como: favelas, morros, margens de rios (KLINGAMAN, 2016).

Segundo Bruna e Pisani (2010), as populações pobres ficam mais expostas aos perigos e desastres naturais, pois se situam em geral em áreas impróprias para o assentamento humano, tornando-se indefesas frente às forças da natureza, como enchentes e deslizamentos.

No Brasil, de acordo com o Instituto de Política Econômicas Aplicada (Ipea), em 2013, o déficit habitacional para a população de baixa renda foi estimado em 5,24 milhões de moradias. Famílias que não têm condições de pagar um lugar melhor e se estabelecem em áreas de risco, deixando a segurança em segundo plano. Por isso, a fim de oferecer uma melhor qualidade de vida e a oportunidade de realizar o sonho da casa própria, o governo federal através do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), tem investido na construção de novos conjuntos habitacionais destinados à essa população vulnerável.

Porém, chega-se num ponto crucial do problema. Os projetos dos novos conjuntos habitacionais geralmente atendem apenas aos requisitos obrigatórios de qualidade, sem levar em consideração a sustentabilidade. Dessa forma continua-se agredindo o planeta, o que torna o sistema cíclico.

Será que o primeiro passo para resolver esse problema não deveria ser começar a construir habitações sustentáveis? Dever-se-ia romper o paradigma intrínseco na sociedade de que casas populares deveriam ser simplistas. Pois, enquanto isso, países desenvolvidos oferecem moradia digna, de qualidade e sustentável para sua população de baixa renda.

O desenvolvimento sustentável tem sido uma pauta recorrente no mundo inteiro, países de diferentes partes do mundo e diferentes culturas constantemente se reúnem com a proposta de diminuir a degradação ambiental, para que chegar num ponto de equilíbrio: usar recursos naturais sem causar a chamada dívida ecológica.

A partir dessa perspectiva este trabalho propõe uma análise do projeto do conjunto habitacional de São Pedro (SP) com o objetivo de apresentar alternativas construtivas que vão além das necessidades básicas de uma residência; em busca de estratégias que melhorem a qualidade e o conforto dos ambientes construídos e, que de forma simultânea minimizem os impactos ambientais.

É na concepção do projeto que se pode aplicar estratégias que visam o equilíbrio ecológico, ao minimizar o consumo energético e otimizar o conforto térmico e luminoso das habitações. Dessa forma, proporciona-se uma qualidade de vida digna tanto para a sociedade presente quanto as futuras.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar a viabilidade da execução de projetos habitacionais populares sustentáveis, propondo alternativas construtivas no projeto de São Pedro (SP) tomado como exemplo.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- i. Analisar o projeto do conjunto habitacional de São Pedro (SP) visando melhorias sustentáveis compatíveis com o padrão do empreendimento;
- ii. Sugerir propostas sustentáveis ao projeto, e:
- iii. Apresentar os possíveis benefícios e vantagens proporcionados aos futuros moradores do conjunto habitacional.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Em virtude do crescimento populacional desordenado, o ambiente natural tem sido fortemente degradado. Com isso, diante do atual cenário, torna-se necessário mudar a forma de crescimento habitacional. Alternativas construtivas sustentáveis, cada vez mais, são implementadas no âmbito da engenharia civil.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão em harmonia e reforçam o atual e futuro potencial para satisfazer as necessidades humanas.

Com os tempos de seca que resultaram na recente crise hídrica brasileira em 2015 cresce a relevância da eficiência energética dos projetos construtivos. Uma vez que para reduzir a geração de energia do país, cuja usinas hidrelétricas correspondem a maior parte, deve-se minimizar o consumo com o intuito de poupar a água, o bem mais precioso da Terra.

Novas concepções de projetos que devem atender a todos cidadãos, ainda que sejam menos favorecidos economicamente, dado que a partir da Constituição da República Federativa do Brasil, o conceito do desenvolvimento sustentável, se fortalece. E que de acordo com o caput, do art. 225, prevê que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SUSTENTABILIDADE

A Conferência de Estocolmo em 1972 abriu a discussão sobre a possibilidade de haver crescimento econômico concomitantemente à uma proteção ambiental. A declaração realizada na cidade sueca elaborou vinte e seis princípios que serviriam de guia para preservar e melhorar o ambiente urbano. No entanto, a relação entre o desenvolvimento e a preservação ambiental ainda não era clara, conforme pode ser observado no princípio 11 que diz:

“As políticas ambientais de todos os Estados deveriam estar encaminhadas para aumentar o potencial de crescimento atual ou futuro dos países em desenvolvimento e não deveriam restringir esse potencial nem colocar obstáculos à conquista de melhores condições de vida para todos. Os Estados e as organizações internacionais deveriam tomar disposições pertinentes, com vistas a chegar a um acordo para se poder enfrentar as consequências econômicas que poderiam resultar da aplicação de medidas ambientais nos planos nacionais e internacionais”. (CONFERÊNCIA DE ESTOCOLMO, 1972).

O conceito “desenvolvimento sustentável” somente apareceu em 1988 com a publicação do Relatório Brundtland que chama atenção para uma nova postura ética, caracterizada pela responsabilidade entre as gerações.

Brüseke (1998) enumera várias medidas sugeridas pelo Relatório Brundtland, também conhecido como “Novo Futuro Comum”, dentre elas escolheu-se as que mais se relacionam com construções sustentáveis:

- Diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias que admitem o uso de fontes alternativas renováveis;
- Limitação do crescimento populacional;
- Controle da urbanização selvagem e integração entre campo e cidades menores, e;
- Aumento da produção industrial nos países não-industrializados à base de tecnologias ecologicamente adaptadas.

Em 1992 aconteceu na cidade do Rio de Janeiro a ECO-92, conferência organizada pela ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), também

conhecida como RIO-92. Nesta conferência foram discutidos os problemas ambientais mundiais com o intuito de debater a capacidade da humanidade de se desenvolver de forma sustentável, a fim de garantir as necessidades na sociedade atual sem comprometer as gerações futuras (BRÜSEKE, 1998).

Outras reuniões e encontros internacionais também foram importantes para a consolidação e disseminação do conceito sustentável. Como o Protocolo de Kyoto, no mesmo ano, em que os países assinantes estabeleceram metas de redução na emissão de dióxido de carbono. Assim como a Agenda 21, resultado das discussões da ECO-92, um documento firmado entre vários países que expressava o desejo da busca pelo desenvolvimento sustentável da humanidade (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

Com toda a mobilização mundial, no fim do século XX, surgiram as primeiras ideias de “construção sustentável”, em que todas as etapas (concepção, construção, uso, manutenção e até demolição) de uma obra deveriam ser adequadas ambientalmente e possuírem viabilidade econômica (TAJIRI, 2011).

## 2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eficiência energética é a habilidade usar menos energia para produzir a mesma quantidade de trabalhos ou serviços dependentes de energia. Quando uma boa política de eficiência energética é implantada, se mantém a qualidade dos serviços em residências, fábricas e escritórios, consumindo-se e pagando-se uma menor quantidade de energia (*US National Policy Development Group*, 2001).

Os primeiros pensamentos sobre conservação de energia surgiram na década de 1970, em virtude, das crises do petróleo. Porém, a eficiência energética, de fato, começou a ganhar corpo no fim do século XX. Os debates internacionais sobre a diminuição da emissão dos gases do efeito estufa ocasionaram uma discussão sobre a demanda de energia em nível mundial, com isso, as políticas de eficiência energética nas construções passaram a ter um papel fundamental no cenário mundial de energia e meio ambiente (MENKES, 2004).

O Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), da Universidade Federal de Santa Catarina elaborou, em conjunto com a Eletrobrás e

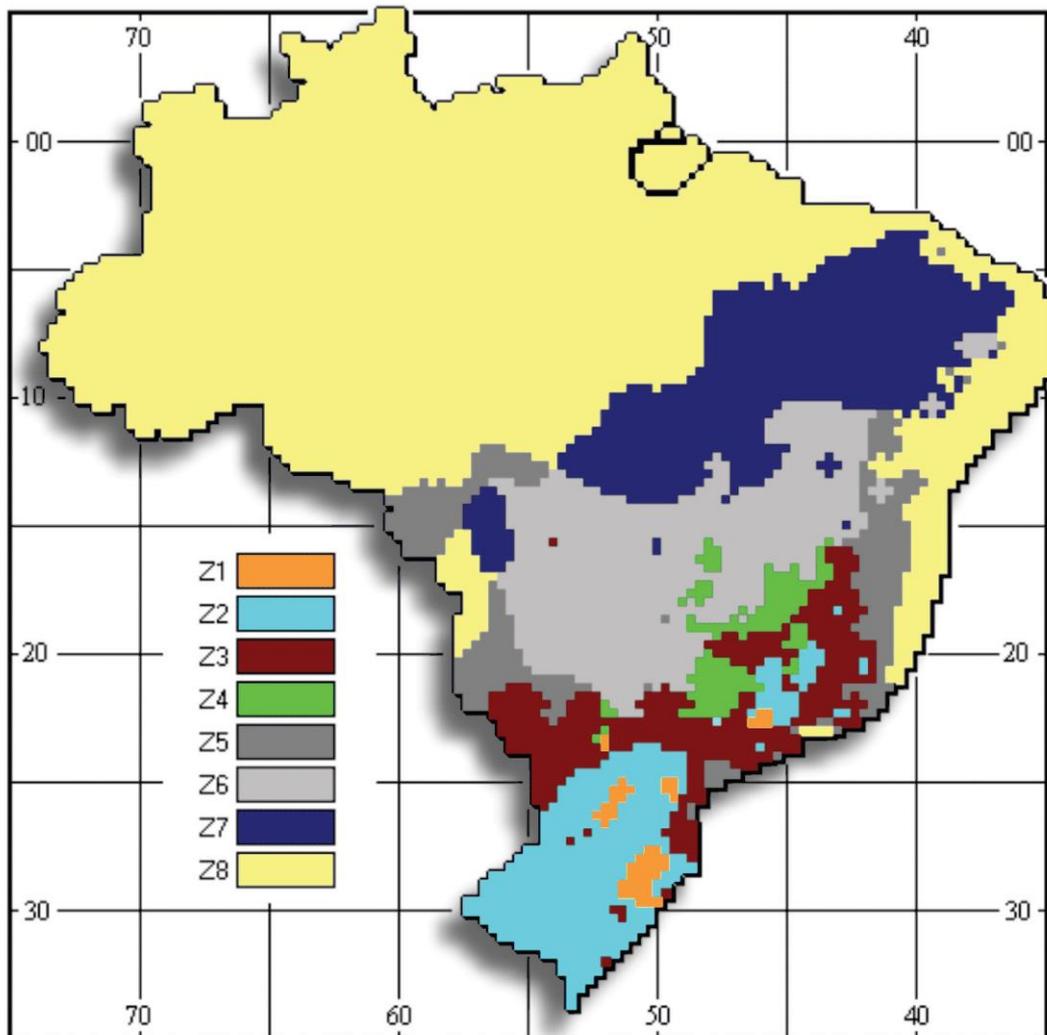
Eletrosul, uma habitação modelo chamada de “Casa Eficiente”. Construção que leva em consideração parâmetros de conforto térmico; consumo e geração de energia; e uso racional da água.

Ginovi (1976) relacionou o homem, o clima e a arquitetura das edificações, analisando as trocas de calor existentes entre o homem e o meio, através dos efeitos biofísicos dos fatores do ambiente. Também, analisou a compatibilidade da face externa das construções quanto às propriedades termofísicas, e aos efeitos das variáveis climáticas. Ainda, Givoni aplica em sua obra princípios de desenho, seleção de materiais em conformidade com o clima da região, além de verificar por meio de cálculos, os efeitos térmicos das coberturas, os efeitos da orientação solar e a ação da radiação solar sobre a cobertura.

Já quanto à ventilação, o mesmo autor, recomenda que se evite a existência de barreiras, a fim de favorecer a boa movimentação do ar. Além disso para uma temperatura e umidade elevadas, indica-se a ventilação em benefício da sensação térmica. As estratégias de ventilação mais utilizadas são: a ventilação cruzada, a ventilação da cobertura, a ventilação sob a casa e o uso de captadores de vento.

### 2.2.1 Zoneamento bioclimático brasileiro

A ABNT NBR 15220:2003 estabelece o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, onde o país é dividido em oito zonas e para cada uma dessas zonas elaborou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico de acordo com a sua região climática, conforme a Figura 1.



**Figura 1 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro.**

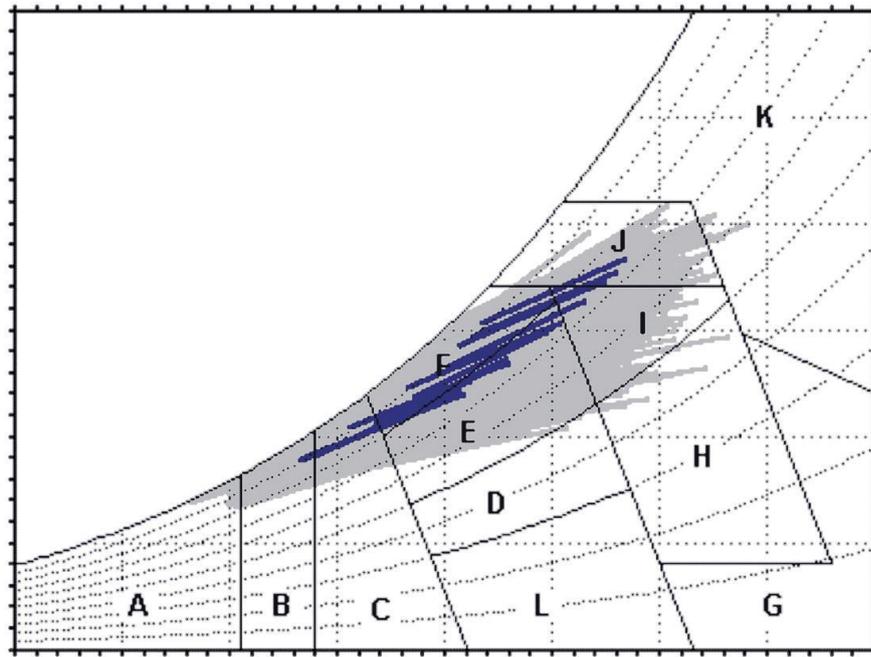
Fonte: ABNT NBR 15220 (2003).

“A zona bioclimática tem por objetivo determinar as estratégias que um edifício deve seguir para obter o conforto térmico de seus ocupantes. Desta forma, o zoneamento bioclimático é o resultado geográfico do cruzamento de três tipos diferentes de dados; zonas de conforto térmico humano, dados climáticos, e estratégias de projeto e construção para atingir o conforto térmico.” (Manual para aplicação dos regulamentos, 2010)

As diretrizes construtivas são específicas para cada zona, contemplando os parâmetros a seguir:

- 1) Tamanho das aberturas para ventilação (expressas como percentual de área de piso);
- 2) Proteção das aberturas;
- 3) Vedações externas, parede externa e cobertura, informando o tipo de vedação (leve ou pesada, refletora ou isolada), e;
- 4) Estratégias de condicionamento térmico passivo.

Essas recomendações de adaptações da edificação ao clima são baseadas na Carta Bioclimática de Givoni como exposto na Figura 2, bem como nas planilhas de Mahoney (KOENIGSBERGER *et al.*, 1977). Essas planilhas servem para definir os limites das propriedades térmicas dos elementos construtivos (paredes e coberturas): Fator Solar, Atraso Térmico, Transmitância Térmica e percentuais de áreas de piso relativos às aberturas para ventilação.



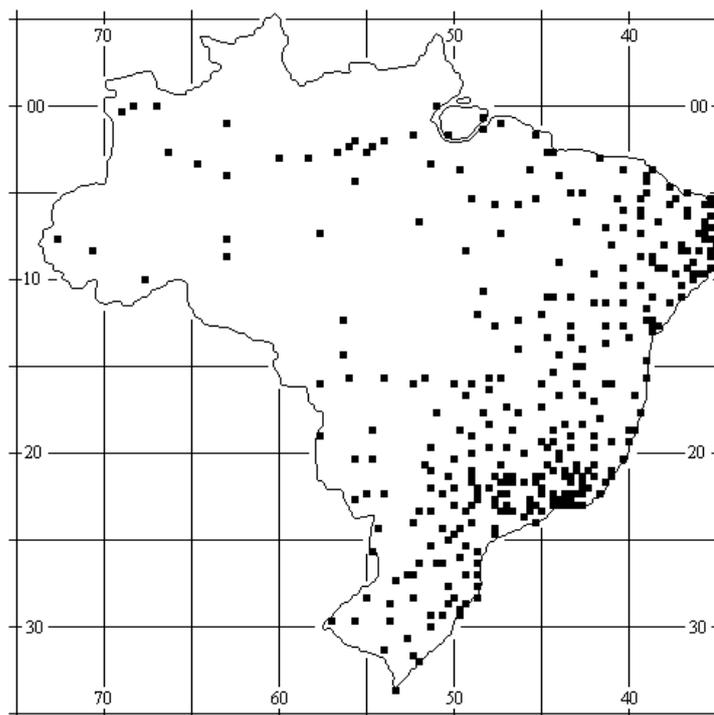
**Figura 2 – Carta Bioclimática das normas climatológicas de uma cidade zona 3.**  
**Fonte: ABNT NBR 15220 (2003).**

As seguintes estratégias são representadas por:

- A - Zona de aquecimento artificial (calefação);
- B - Zona de aquecimento solar da edificação;
- C - Zona de massa térmica para aquecimento;
- D - Zona de conforto térmico (baixa umidade);
- E - Zona de conforto térmico pleno;
- F - Zona de desumidificação (renovação do ar);
- G + H - Zona de resfriamento evaporativo;
- H + I – Zona de massa térmica de refrigeração;
- I + J – Zona de ventilação;
- K – Zona de refrigeração artificial;
- L – Zona de umidificação do ar.

A mesma NBR 15.220 faz a divisão do território brasileiro em 6500 células representadas na Figura 3, caracterizadas pela posição geográfica e pelas seguintes variáveis climáticas:

- 1) Médias mensais da temperatura máxima;
- 2) Médias mensais da temperatura mínima, e;
- 3) Médias mensais da umidade relativa do ar.



**Figura 3 – Localização das células com dados medidos.**  
**Fonte: ABNT NBR 15220 (2003).**

Através da aplicação desses dados sobre o gráfico é possível determinar o clima de cada região, as estratégias bioclimáticas aplicáveis em cada cidade averiguada, e também o percentual de cada estratégia acumulado no decorrer do ano.

### 2.2.2 CONFORTO TÉRMICO

Segundo a *International Organization for standardization*, ISO 7730:2005, conforto térmico é “a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Condição que também afeta diretamente o desempenho das atividades realizadas por um indivíduo em seu interior (DONAISKY *et al.*, 2010).

Oliveira e Ribas (1995) citam como fatores subjetivos individuais de destaque para a sensação de conforto térmico:

- Hábitos alimentares que afetam o metabolismo e justificam a dieta dos povos tropicais e árticos;
- Idade e o sexo. Quanto mais idosa a pessoa maior preferência por ambientes mais aquecidos; assim como a mulher, que tem o metabolismo (produção de calor) inferior ao do homem prefere um grau, em média, mais elevado;
- A forma do corpo;
- A relação volume e superfície influencia na preferência térmica;
- A gordura do corpo que funciona como isolante térmico;
- O estado de saúde. A pessoa enferma pode ter seus limites de conforto muito estreitos;
- O vestuário, que altera significativamente as trocas térmicas, e;
- O processo de aclimatação dos indivíduos. As pessoas, em seus climas de permanência, tendem a produzir hábitos e alterações metabólicas (quantidade de sangue, capacidade de suor, entre outros.) que equilibra as condições térmicas adversas. Assim um siberiano, habituado aos rigores do inverno, sentiria extremo desconforto no verão do Rio de Janeiro. A não ser que se aclimatasse, após algum tempo, ao clima carioca.

Segundo Givoni (1976) o organismo humano pode estar em conforto térmico em diversos limites da umidade relativa (entre 20% e 80%) e de temperatura (entre 18 e 29°C). Entretanto, quando a temperatura do ambiente estiver próxima de 18°C, é preciso cuidado para que a ventilação não ocasione desconforto. E, caso a temperatura esteja próxima de 29°C, é necessário controlar a incidência de radiação solar nas pessoas para evitar o excesso de calor.

Para Ruas (1999) o conforto térmico é: “resultado da combinação satisfatória, em um ambiente, da temperatura radiante média, da umidade relativa, da temperatura do ambiente e velocidade relativa do ar com a atividade desenvolvida e com a vestimenta das pessoas”.

Uma das funções da edificação é oferecer ao homem condições térmicas compatíveis ao conforto ambiental humano no interior dos edifícios, independente das condições climáticas externas (RIBEIRO, 2007).

Bormio (2007), lembra que para a concepção de um ambiente adequado, em termos de conforto térmico, deve-se fazer um estudo prévio da bioclimatologia do local onde a edificação será instalada, analisando o clima local e as estratégias de projeto que possam ser adotadas.

### 2.2.3 Programa de análises bioclimáticas

É um programa para compreensão do comportamento climático fazendo uma análise das condições térmicas ao longo de um ano de uma determinada cidade e da aplicação de estratégias bioclimáticas de projeto para resolver problemas relacionados ao frio, calor, e umidade do ar. O software traça os dados climáticos existentes dos municípios diretamente sobre a carta bioclimática de Givoni.

A ferramenta ProjetEEE (Projetando edificações energeticamente eficientes) tem o intuito de fortalecer a capacitação técnica e contribuir com referências para o desenvolvimento de projetos de edificações eficientes.

O ProjetEEE, desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente em parceria com a UFSC, apresenta dados climáticos de mais de 400 cidades brasileiras, indica as estratégias de projeto mais apropriadas para cada região, permite projetar edificações mais eficientes para que o usuário obtenha um maior conforto térmico interno.

### 2.2.4 Aberturas de janelas

No projeto arquitetônico as principais variáveis que contribuem para alterar a passagem de calor pela janela são (Koenigsberger *et al.*, 1977):

- 1) Orientação e tamanho da abertura;
- 2) Tipo de vidro, e;
- 3) Uso de proteções solares internas e externas.

O tamanho e a orientação da abertura irão determinar sua exposição ao Sol. O tamanho da abertura é diretamente proporcional à quantidade de calor que entra ou sai do ambiente. Porém, alterando-se a orientação da fachada, por exemplo, pode-

se ter aberturas de dimensões iguais submetidas a diferentes quantidades de calor solar e iluminação natural, pois a trajetória do Sol é diferente para cada orientação e latitude.

Para ter-se uma ideia visual da orientação do sol, pode-se fazer uma análise usando o programa Analysis SOL-AR ilustrado nas Figuras 4 e 5.

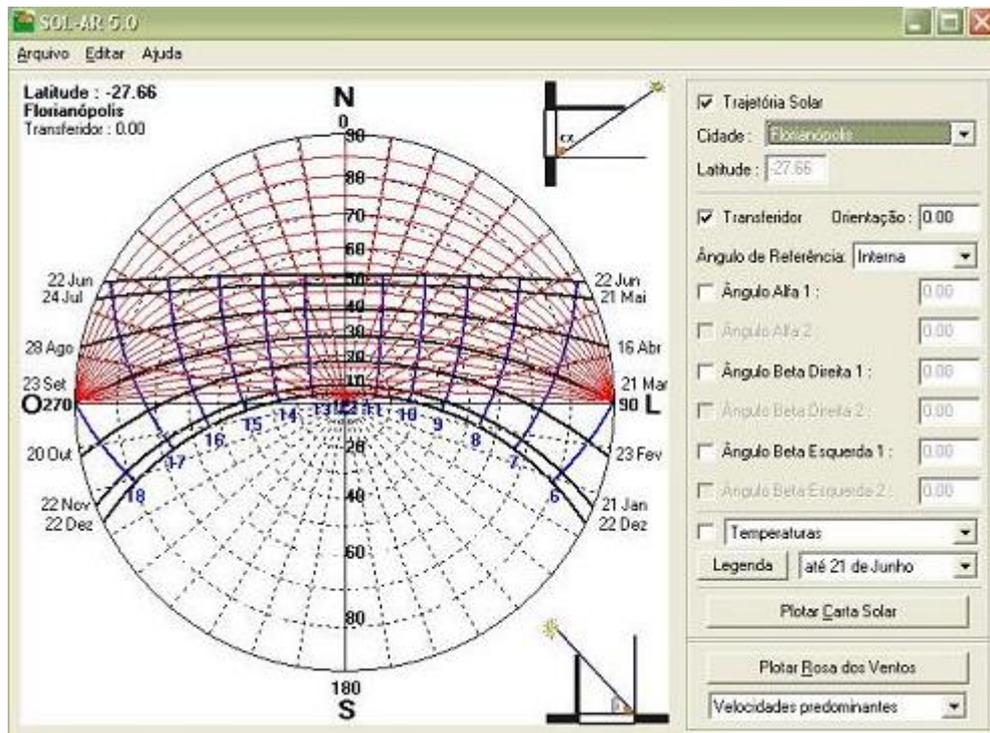


Figura 4 – Exemplo de carta solar da cidade de Florianópolis.  
Fonte: Programa Analysis SOL-AR.

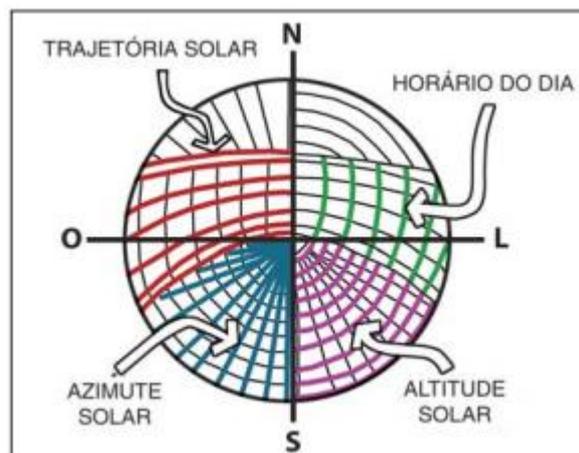
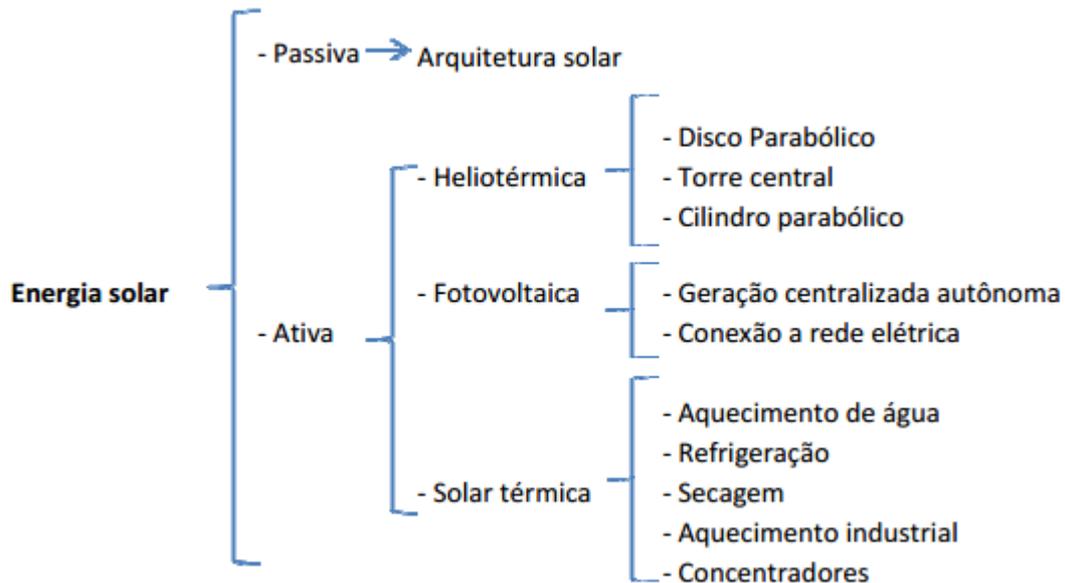


Figura 5 – Croqui explicativo dos elementos da Carta solar.  
Fonte: Lamberts *et al.* (1997).

## 2.2.5 Energia solar

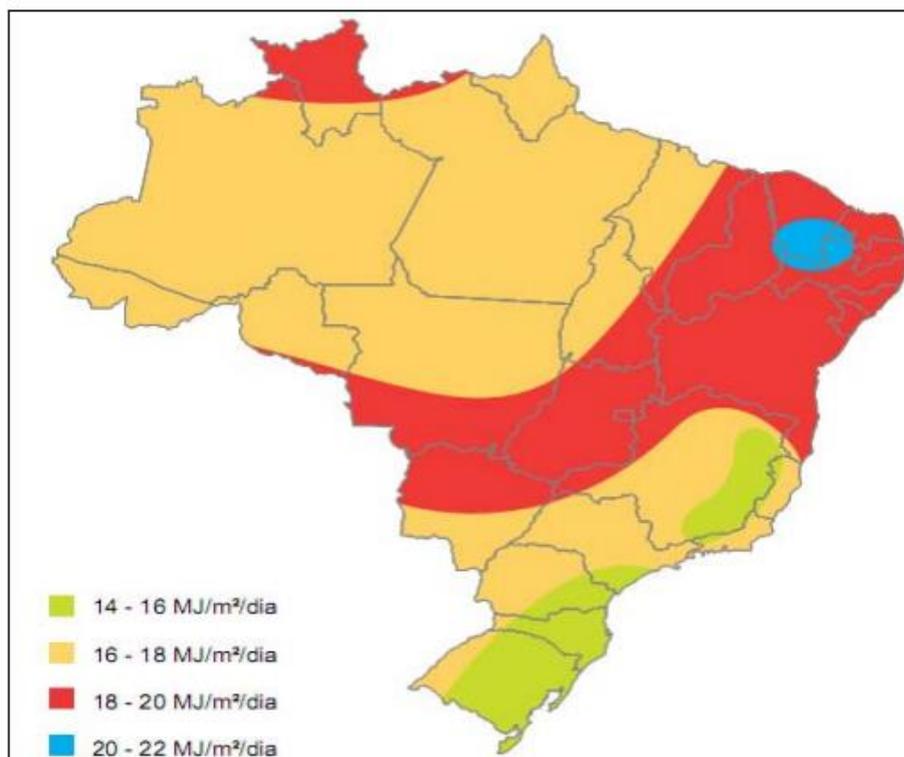
Pereira (2004) classifica os tipos de utilização da energia solar na Figura 6 para um melhor aproveitamento dessa fonte renovável e tão intensa, considerada como inesgotável.



**Figura 6 – Fluxograma das aplicações práticas da energia solar.**  
**Fonte: Pereira (2004).**

Entretanto, de acordo com a segunda edição do Atlas de Energia Elétrica no Brasil da ANEEL (2005), dentre os conceitos apresentados, os mais utilizados são: geração fotovoltaica de energia elétrica e de placas térmicas para aquecimento de água.

Embora o Sol participe pouco da matriz energética brasileira, o país possui enorme potencial nessa área que teve sua expansão devido à programas sociais do governo federal como o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV); financiamento de bancos privados com interesse na instalação de painéis solares; e a conscientização e a divulgação dos benefícios do uso da energia solar tanto ambientalmente quanto economicamente. Afinal o potencial de energia solar brasileiro é excepcional, como apresentado na Figura 7, em comparação com outras fontes de energia.



**Figura 7 – Variação da radiação solar no Brasil.**  
**Fonte: ANEEL (2005).**

#### 2.2.6 Painéis fotovoltaicos como fonte de energia

A radiação solar pode ser absorvida por painéis solares instalados nos telhados das residências e edificações, como ilustrado na Figura 8, para reduzir o consumo de energia utilizado da rede. As placas solares coletam calor e transformam em energia. Esta que é consumida pela própria residência ou passada para rede, quando sistema on-grid utilizado. Devido esse sistema não possuir armazenamento, toda a energia excedente produzida é enviada de volta à rede convencional de energia elétrica. Com isso o relógio marcador gira no sentido oposto e esse excedente é convertido em créditos que podem ser utilizados quando a demanda na habitação for maior que a produção de energia. Esse tipo de sistema é regulamentado pela resolução normativa nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), de 17 de abril de 2012, que é o que define o mecanismo de compensação de energia.



**Figura 8 – Painel fotovoltaico instalado no telhado de uma casa.**  
**Fonte: [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)**

A instalação dos painéis deve atender as seguintes recomendações da ABNT NBR 12269:2006.

- Devem ser voltados para o Norte geográfico, permitindo-se desvios de até 30 graus.
- O ângulo de inclinação deve ser igual ao da latitude do local acrescido de 10 graus.

### 2.3 USO RACIONAL DA ÁGUA

A água, principal “*commodity*” do século XXI, é um elemento primordial para o desenvolvimento e qualidade de vida, porém é um recurso finito que deve ser utilizado racionalmente. Uso prudente que ainda não é comumente visto, entretanto, caso esse estilo de vida não se altere, crises hídricas irão agravar-se significativamente (LAMBERTS *et al.*, 2010).

Crises, que apesar do potencial hídrico brasileiro, começaram a aparecer no segundo semestre de 2012 conforme relatório da Agência Nacional de Águas (ANA). Quando foi observada uma gradativa e intensa redução nas taxas pluviométricas (chuvas) em algumas regiões do país, que tem prejudicado a oferta de água para o abastecimento público (ANA, 2016).

Para Lamberts *et al.* (2010) o uso de fontes alternativas de suprimento para o abastecimento dos pontos de consumo de água com fins não potáveis é uma

importante prática na busca da sustentabilidade, podendo-se representar até 50% do consumo de água nas edificações.

### 2.3.1 Uso de água pluvial

Segundo relatório da FAO (*Food and Agriculture Organization*), braço da ONU, a escassez de água afetará dois terços da população mundial em 2050. O que significa que algumas medidas serão necessárias para garantir água potável para todos. Dentre elas, uma alternativa que vem se intensificando é o uso da cisterna, um reservatório de baixo custo que armazena água da chuva para uso doméstico, representada na Figura 9 (ECYCLE, 2016).



**Figura 9 – Cisterna.**  
**Fonte: Ecycle (2016).**

A alternativa consiste em coletar água da chuva que passa pelo telhado através de calhas e conduzi-la para uma cisterna onde ficará armazenada e poderá ser utilizada (Figura 10). Existem vários tipos de cisterna, com filtros para retirar folhas e sólidos que por ventura possam cair no telhado. E até mesmo sistemas mais complexos com bombas.



**Figura 10 – Sistema de captação com cisterna.**  
**Fonte: Projeto água das chuvas (2016).**

De acordo com a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/05, a água da chuva de telhado apresenta os mesmos padrões de potabilidade que uma água de torneira residencial, desde que não haja poluição no ar da região.

### 2.3.2 Área de captação

Conforme a ABNT NBR 15527:2007, a área de captação é a projeção horizontal, em metros quadrados, da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada. A norma permite a captação de diversas áreas, entretanto sugere a preferência por áreas mais limpas (que não sejam destinadas ao trânsito de pessoas ou animais) e que estejam acima do reservatório de armazenamento, para que sua alimentação seja feita por gravidade.

Os materiais utilizados na área de captação não podem possuir toxicidade e substâncias que prejudiquem a qualidade da água. Por exemplo, deve ser evitado o uso de telhas com pintura a base de metais pesados.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ESTUDO DE CASO

##### 3.1.1 Apresentação do empreendimento

Para o estudo, foi selecionado o empreendimento Residencial São Pedro, localizado no bairro Horto Florestal da cidade de São Pedro no interior do Estado de São Paulo, cuja elevação encontra-se exposto na Figura 11. O projeto faz parte do programa MCMV, enquadrado na faixa 2 que é destinado às famílias de renda de R\$ 2.351 a R\$3.600, com subsídio variável de até R\$27.500.

O projeto foi dividido em duas fases:

Fase 1: Composta de 288 unidades habitacionais de 51,85m<sup>2</sup> de área construída (em azul).

Fase 2: Composta de 502 unidades habitacionais de 44,04m<sup>2</sup> de área construída (em preto).



**Figura 11– Projeto de implantação urbanística.**  
**Fonte: Ecovita.**

Para esse o estudo foi definido a utilização da planta da residência de 51,85 m<sup>2</sup>, conforme Figuras 12 e 13, da primeira fase, pois é amplamente utilizada em

conjuntos habitacionais em diferentes cidades. Cada unidade habitacional possui 2 quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço. A área do terreno é de 160m<sup>2</sup> e a unidade custa R\$100.000,00. Na Fase 1: área total construída foi de 14.932,80m<sup>2</sup>.

O Custo total da obra é de R\$24.368.641,36 e o VGV (Valor global de vendas) é R\$28.800.000,00, com prazo de execução de 15 meses.

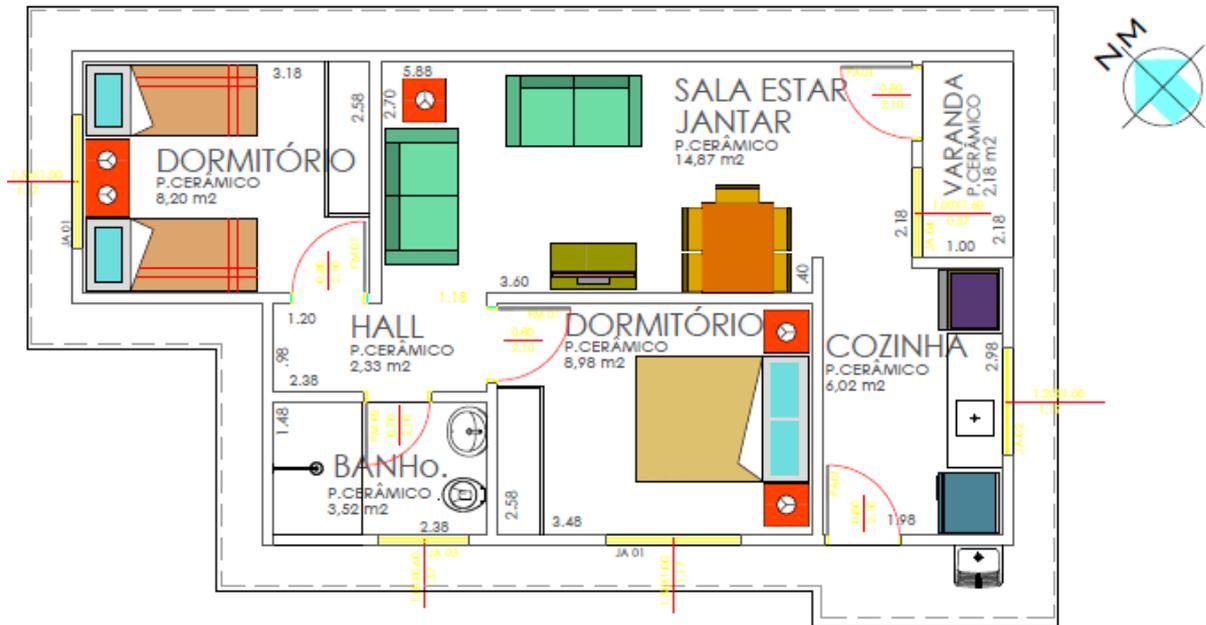


Figura 12 – Projeto da planta térreo.  
Fonte: Ecovita.



Figura 13 – Planta humanizada.  
Fonte: Ecovita.

O projeto conta com 49.950,52 m<sup>2</sup> de área verde e 3.823,6 m<sup>2</sup> de área de lazer especificadas pelo Quadro 1. Áreas institucionais, especificadas pelo Quadro 2, também serão implantadas, sendo elas: reservatório elevado (caixa d'água), escola, creche e unidade básica de saúde.

QUADRO DE RESUMO DAS AREAS INSTITUCIONAIS				
ESPECIFICAÇÃO		AREAS INTITUCIONAIS	ÁREAS m <sup>2</sup>	%
1	EQUIPAMENTO PUBLICO URBANO	RESERVATÓRIO ELEVADO (CAIXA D'AGUA)	574,74	0,21
2		EQUIPAMENTO PUBLICO COMUNITÁRIO	ESCOLA	6.131,95
	CRECHE		4.941,19	1,84
	UNIDADE BÁSICA DE SAUDE - (U.B.S.)		2.114,61	0,79
	<b>SUB-TOTAL</b>		<b>13.187,75</b>	<b>4,91</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>13.762,49</b>	<b>5,12</b>

**Quadro 1 – Áreas institucionais.**

Fonte: Ecovita.

QUADRO DE RESUMO DAS AREAS VERDES			
ESPECIFICAÇÃO		ÁREAS m <sup>2</sup>	%
AREA VERDE - 01		49.950,52	18,60
SISTEMA DE LAZER		3.826,60	1,42
<b>TOTAL</b>		<b>53.777,12</b>	<b>20,02</b>

**Quadro 2 – Áreas verdes.**

Fonte: Ecovita.

### 3.1.2 Memorial descritivo da unidade

As residências são de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e paredes de 15 cm de espessura, com fundação de radier. A estrutura da cobertura é metálica e as telhas são cerâmicas. Internamente, a casa é revestida com chapisco, reboco, massa corrida e tinta látex.

As esquadrias são de alumínio e vidro e as portas internas de madeira. No banheiro e na cozinha, o projeto prevê azulejos até 1,5 m da parede e piso

cerâmico em toda a casa. E, externamente é aplicado chapisco, reboco e textura. A residência é entregue com todos os acabamentos hidráulicos, acabamentos elétricos, louças no banheiro, tanque e pia na cozinha.

### 3.1.3 Etapa da obra

A obra encontra-se em execução como observa-se na Figura 14. Cerca de metade das unidades estão em fase de acabamento e o restante ainda estão iniciando a fundação ou alvenaria.



**Figura 14 – Obra na fase de acabamento sem infraestrutura.**

**Fonte: Ecovita**

### 3.2 METODOLOGIA

A proposta do trabalho é analisar o projeto do conjunto habitacional de São Pedro - SP propondo alternativas que tornem as residências mais sustentáveis, ou seja, que o conjunto habitacional contribua para a preservação dos recursos naturais da região, consumindo menos energia e água, e que o usuário obtenha uma economia monetária ao longo do uso da residência. Porém, como se trata de uma obra financiada pelo Governo Federal, não se pretende extrapolar com a aplicação de sistemas economizadores complexos e de alto custo, pois a execução da obra é de empresa privada (visa o lucro).

Serão implantadas as estratégias bioclimáticas sugeridas pelo programa Analysis SOL-AR, baseado na carta de Givoni, para uma construção residencial localizada em São Pedro - SP.

Analisar-se-á também a posição das aberturas das janelas perante o trajeto solar da região, a fim de indicar qual deve ser a melhor orientação geográfica das residências e qual devem ser as dimensões das janelas para que se otimize o uso da luz natural.

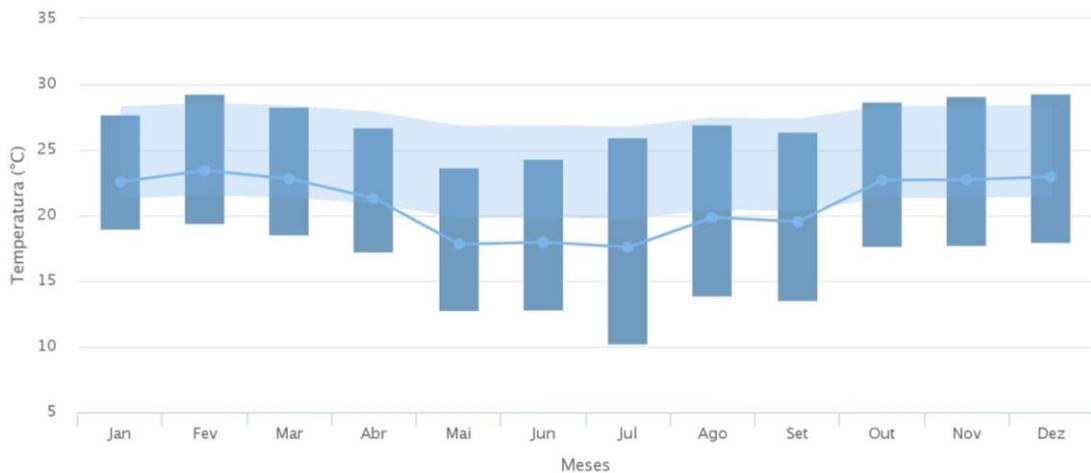
Concomitantemente será estudado a implantação de painéis fotovoltaicos, cisternas e dispositivos economizadores de água no projeto da habitação.

Os dados climáticos serão coletados a partir da ferramenta ProjetEEE (Projetando Edifícios Energeticamente Eficientes) que fornece informações de centenas de cidades brasileiras com indicação das estratégias de projeto mais apropriadas a cada região, através do modelo de carta bioclimática de Givoni. Porém a cidade de São Pedro – SP ainda não foi contemplada nessa ferramenta por ser uma cidade de pequeno porte. Diante dessa problemática, por aproximação geográfica e semelhança de latitudes, serão utilizados dados climáticos da cidade de Piracicaba – SP que possui valor de latitude muito próximo à cidade de São Pedro.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ESTRATÉGIAS BIOBLIMÁTICAS SUGERIDAS

Com os dados de temperatura e umidade do ar de cada mês do ano, Gráficos 1 e 2 respectivamente, plotados na carta de Givoni com o auxílio da ferramenta ProjetEEE, descobre-se que os pontos da cidade de São Pedro situam-se em sua maioria nas regiões C, I e J conforme Figura 2 na página 20. Portanto, as estratégias para a localidade são: inércia térmica para aquecimento e ventilação natural.



**Gráfico 1 – Temperaturas mínimas e máximas de São Pedro- SP.**

Fonte: ProjetEEE.



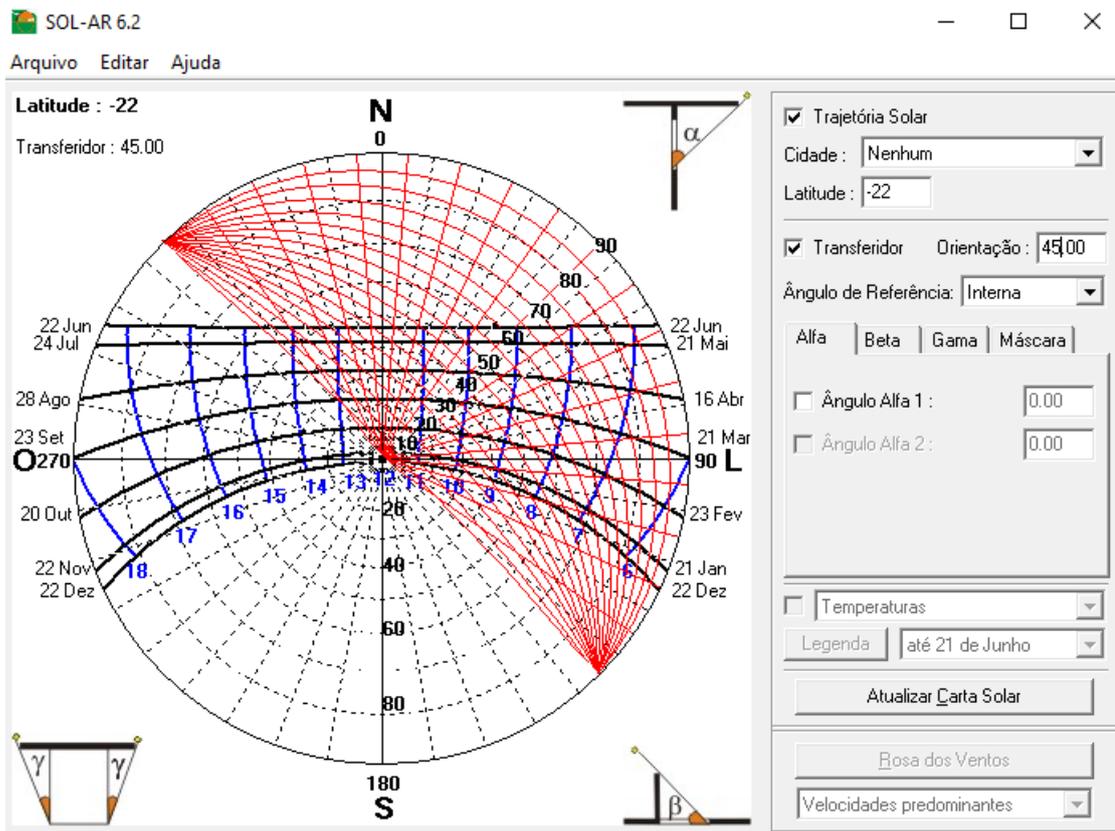
**Gráfico 2 – Umidades relativas do ar, mínimas e máximas de São Pedro – SP.**

Fonte: ProjetEEE.

#### 4.1.1 Inércia térmica para aquecimento

Segundo a ProjetEEE, o método de inércia térmica para aquecimento é necessário durante 36,44% das horas do ano predominantemente no turno da noite. Nesse período é essencial que a residência possua boa incidência solar para que se mantenha a temperatura interna agradável.

Ao observar a Carta Solar da cidade de São Pedro – SP percebe-se que a localização do Sol se predomina na direção Norte ao longo do ano. E de acordo com a Carta Solar a incidência solar do projeto atual é representado pela Figura 15.

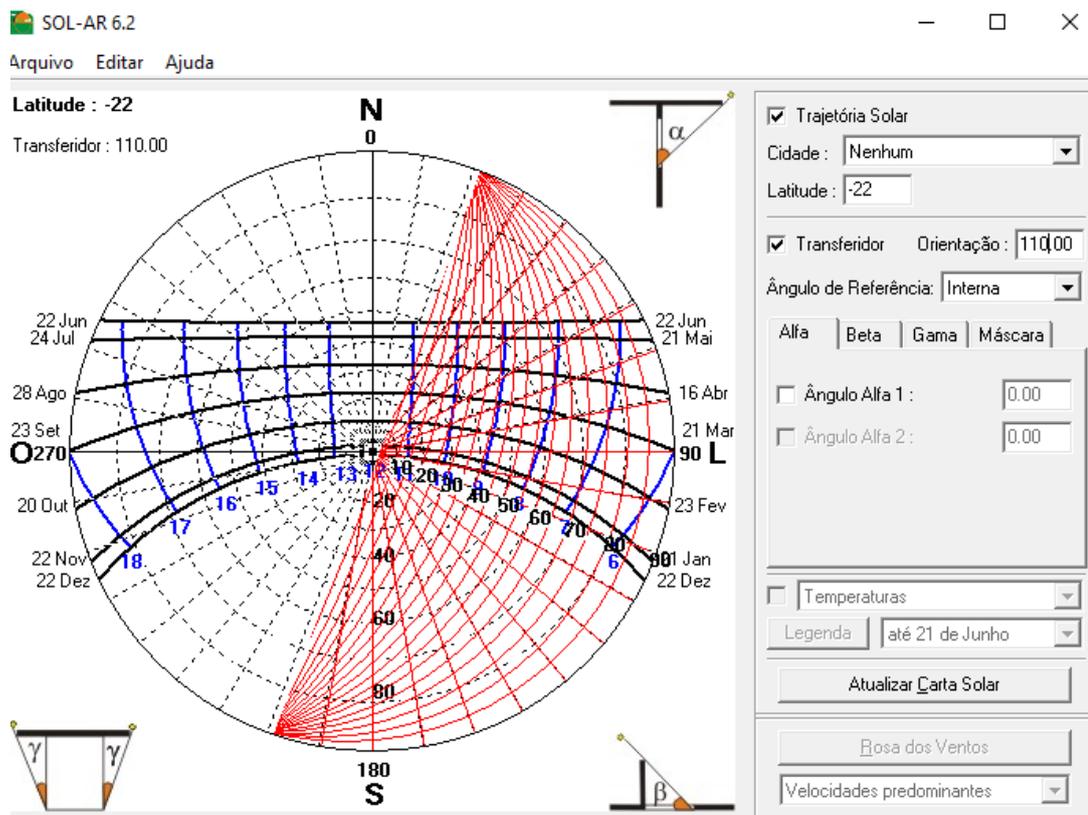


**Figura 15- Carta Solar do projeto original.**  
**Fonte: Programa SOL-AR.**

Porém, como é mostrado na implantação, o projeto é composto por duas casas espelhadas. Logo, a Carta Solar da residência oposta não possui boa incidência solar em sua fachada. Portanto a solução, teoricamente, para a otimização do aquecimento

natural da habitação seria deixá-las todas voltadas ao Norte, direção que segundo a Carta Solar possui maior incidência solar nos dias de inverno.

Entretanto, as casas do condomínio São Pedro, em sua maioria, possuem uma rotação de 45 graus em relação ao Norte, como observado na Figura 16. E, para um melhor aproveitamento dos ventos, melhoramento do aquecimento interno da residência e otimização da incidência solar na placa fotovoltaica, as casas deveriam ser rotacionadas aproximadamente 65 graus no sentido horário. Resultando numa Carta Solar conforme a Figura 16.



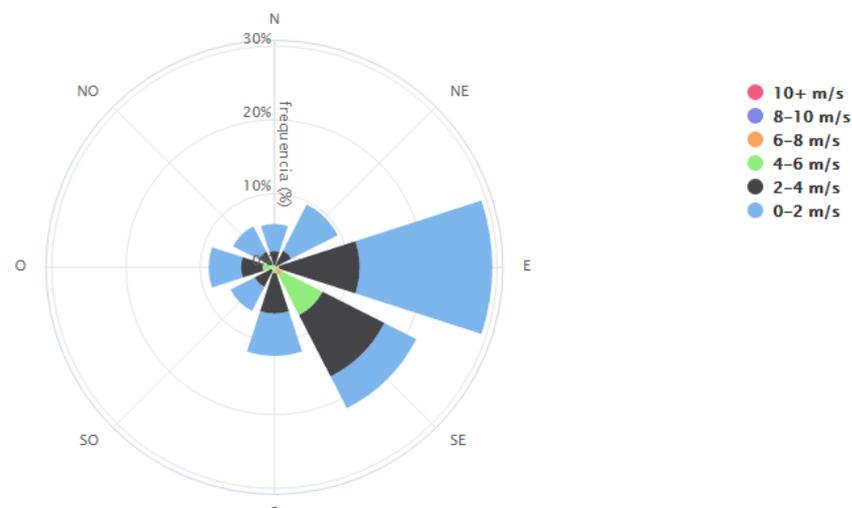
**Figura 16- Representação da nova Carta Solar da frente da residência.**

**Fonte: Programa SOL-AR.**

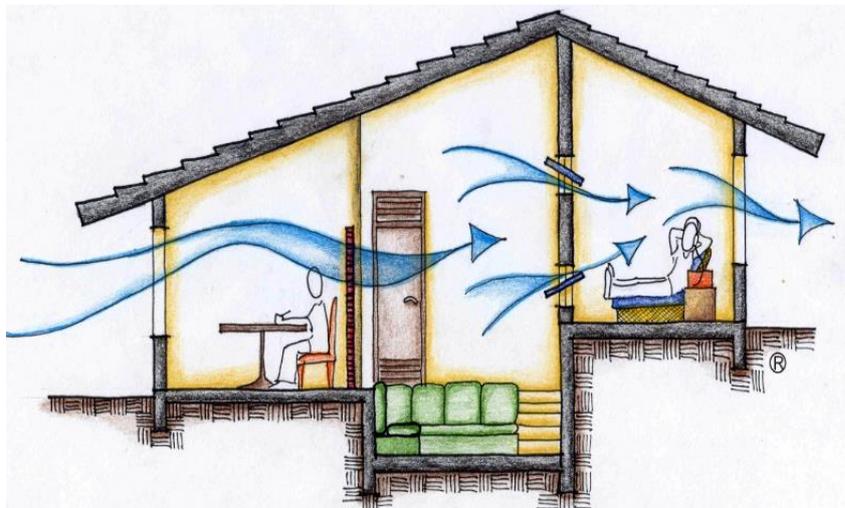
Dessa forma, apesar de possuir uma porcentagem menor de horas de incidência solar do que a Carta original, as residências possuirão uma maior uniformidade entre elas. Pois as habitações opostas terão aproximadamente a mesma incidência solar.

#### 4.1.2 Ventilação natural

A ventilação natural se faz necessária durante em 18,57% das horas do ano em ambos os turnos semelhantemente. Dessa forma sugere-se alterar a planta da habitação para que o vento predominante na região (sentidos leste e sudeste) conforme Gráfico 3 incida diretamente nas aberturas de janela da residência, assim permitindo a ventilação cruzada, conforme exemplificado na Figura 17.



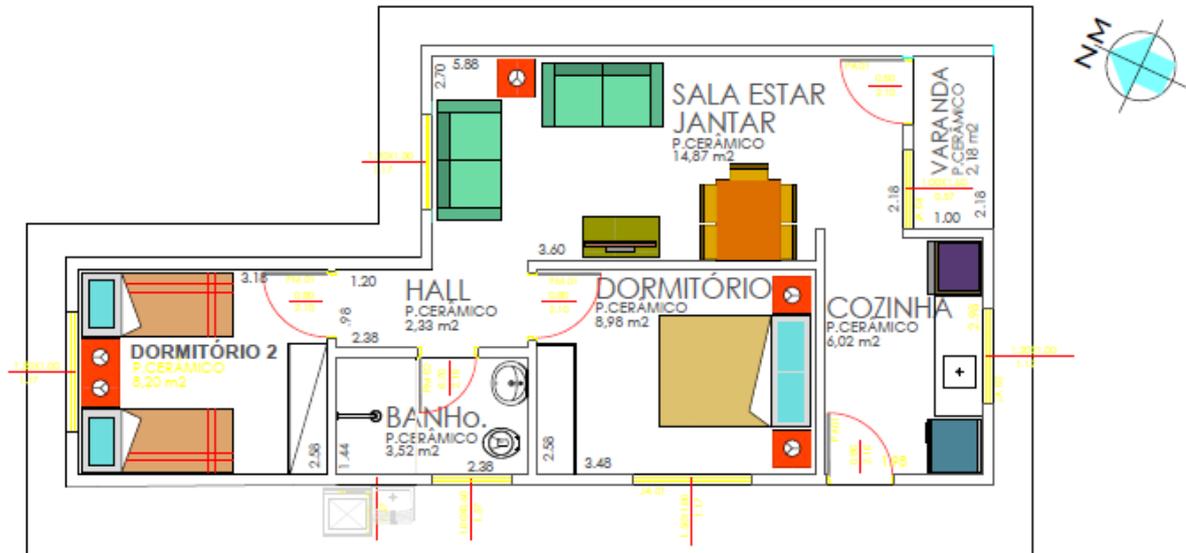
**Gráfico 3 - Incidência dos ventos da cidade de São Pedro- SP.**  
Fonte: ProjetEEE.



**Figura 17 – Representação da ventilação cruzada.**  
Fonte: ProjetEEE.

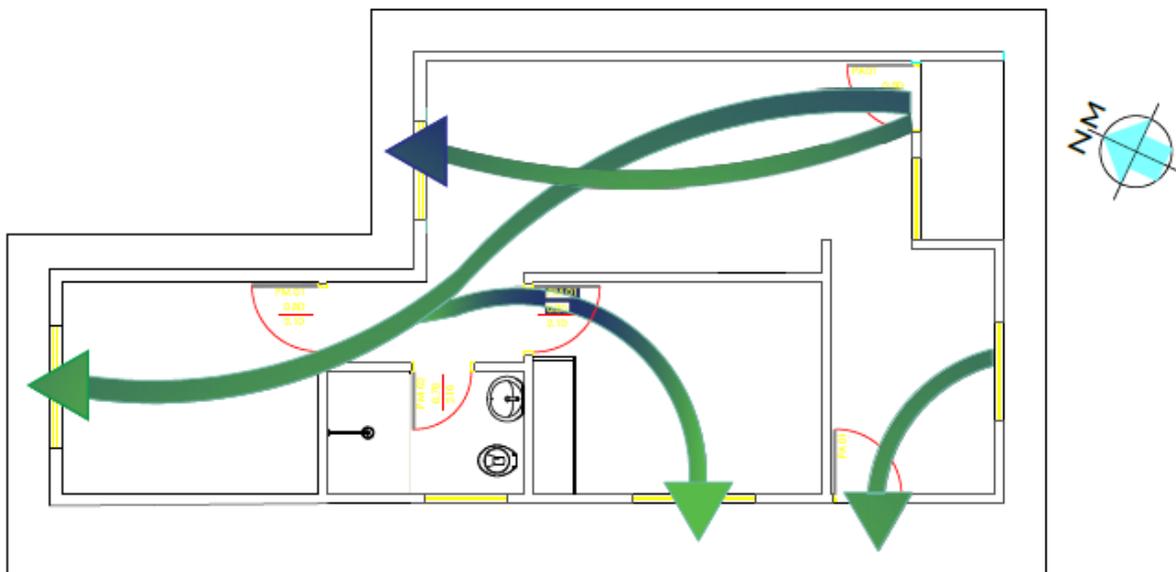
Sugere-se a alteração da planta baixa conforme a Figura 18, para que ocorra a otimização da ventilação cruzada na habitação representada pela Figura 19,

aproveitando-se do novo direcionamento em função dos ventos atuantes predominantemente nos sentidos leste e sudeste.



**Figura 18- Representação da planta baixa sugerida.**

Fonte: Autor (2016).



**Figura 19- Representação da ventilação cruzada na planta sugerida.**

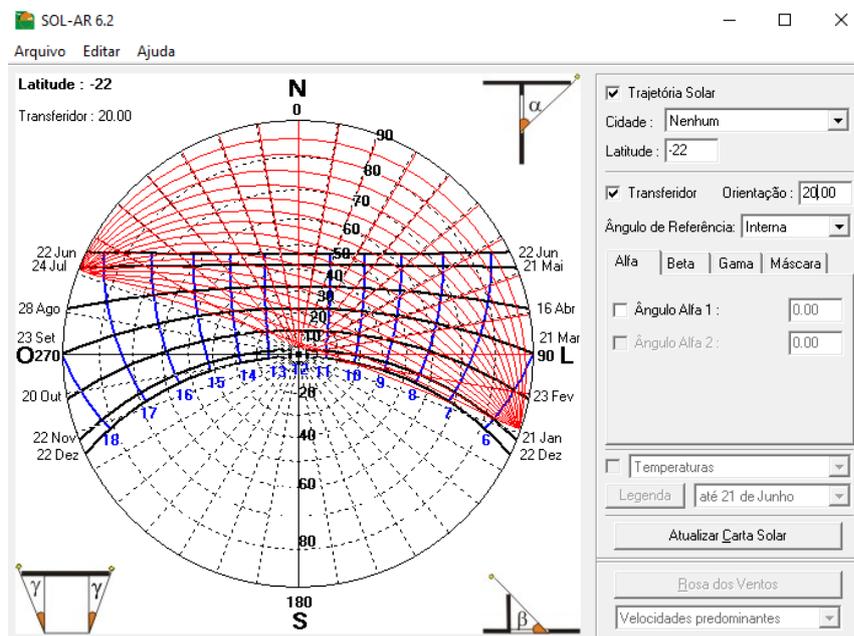
Fonte: Autor (2016).

Nessa nova configuração da planta, alterou-se a posição de um dormitório do projeto original possibilitando a abertura de uma nova janela, afim de liberar o caminho propício para a atuação da ventilação cruzada. Vale lembrar que ao rotacionar a casa em 110 graus em relação ao Norte e ao abrir uma nova janela viabiliza a ventilação cruzada em ambos os sentidos, visto que há aberturas na frente e no fundo nas

residências. Portanto, as casas localizadas de forma opostas à planta modelo estudada também seriam atendidas com a ventilação natural de forma igualitária.

## 4.2 PLACAS FOTOVOLTAICAS

De acordo com a NBR 12269:2006, para um melhor aproveitamento da incidência solar da região, a placa fotovoltaica deve ser colocada direcionada ao Norte geográfico com inclinação da latitude do local acrescido de 10 graus. Portanto, com a nova configuração das casas, as placas fotovoltaicas ficarão voltadas ao Norte geográfico com desvio de 20 graus, permitindo uma boa incidência solar ao longo do ano como mostrado na Figura 20. E com inclinação de 15 graus em relação ao telhado, pois São Pedro – SP situa-se na latitude 22° Sul e o telhado possui uma inclinação de 17 graus.



**Figura 20 – Carta Solar das placas fotovoltaicas.**  
**Fonte: Programa Sol-ar.**

#### 4.2.1 Orçamento das placas fotovoltaicas

Para determinar a quantidade de placas necessárias para atender ao consumo de uma habitação popular de 4 moradores, foi feita uma estimativa de consumo de energia elétrica (KWh). Através do simulador da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (Copel), foi calculado o consumo médio aproximado mensal de uma família com base dos principais eletrodomésticos utilizados. O consumo médio mensal encontrado foi de aproximadamente 200 KWh.

Levando-se em consideração para o dimensionamento do sistema fotovoltaico uma residência padrão monofásico, com perfil de consumo mensal de 200KWh. Utilizou-se o sistema de características gerais da Tabela 1:

**Tabela 1 – Características das placas fotovoltaicas.**

**Fonte: Autor (2016).**

**Módulos:**

Potência:	250Wp	Quantidade:	6 módulos
Dimensão:	1,64 x 0.98	Área:	1,61 m <sup>2</sup>

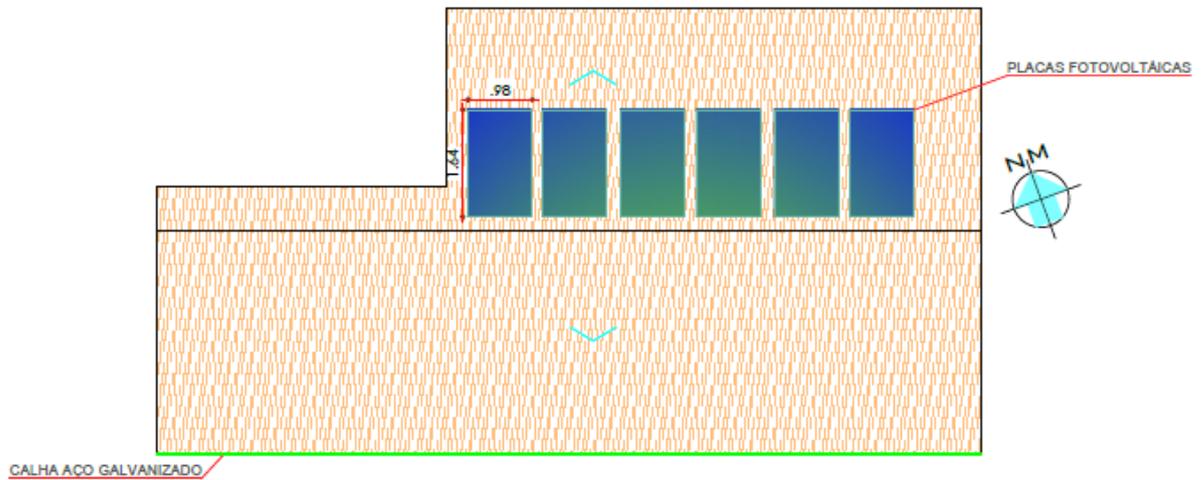
**Inversor:**

Fabricante:	APS	Potência:	0,5 kW
Modelo:	YC500	Tensão saída:	127 V

**Características Estruturais:**

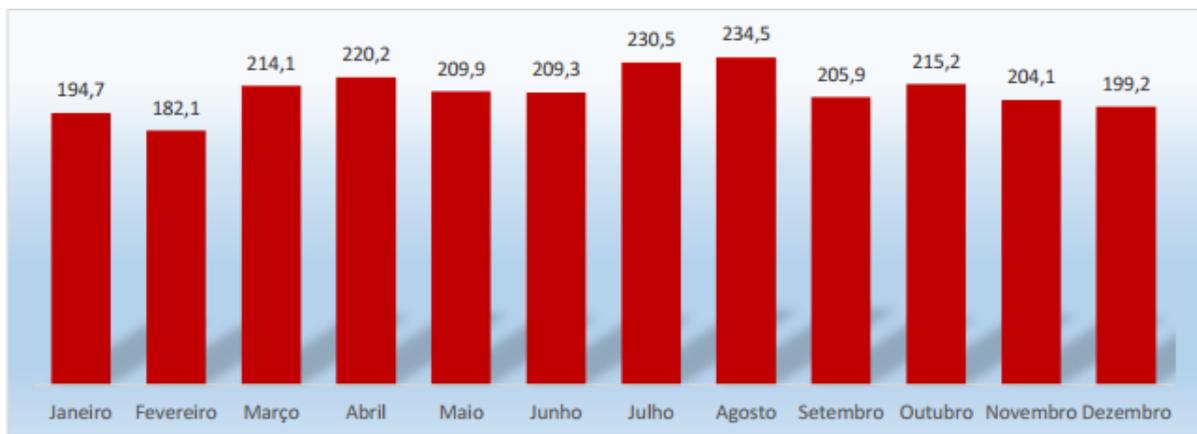
Área Painéis:	9.65 m <sup>2</sup>
Peso/m <sup>2</sup> :	16,5 kg/m <sup>2</sup>

As seis placas fotovoltaicas foram projetadas para serem instaladas na água do telhado voltada mais ao Norte, portanto na menor água do telhado como na Figura 21.



**Figura 21- Representação das placas fotovoltaicas no telhado.**  
**Fonte: Autor (2016).**

O projeto possui o sistema on-grid e uma geração média mensal de 210 KWh, como a produção mês a mês estimada no Gráfico 4, e apresenta custo total de 15.200 reais por residência.



**Gráfico 4 – Produção de energia mensal estimada em KWh.**  
**Fonte: Autor (2016).**

### 4.3 CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

Sugere-se para o novo projeto a implantação um sistema de captação de água da chuva através do uso de cisternas. Aproveitando-se o aumento da área de captação em virtude o rearranjo da planta baixa, pois a captação será feita na água

oposta da utilizada pelos painéis fotovoltaicos com o intuito de usar essa água na máquina de lavar roupas. Na Figura 22 é exposta as elevações propiciando a comparação do projeto original com o novo projeto.



**Figura 22 – Comparação das elevações laterais.**  
**Fonte: Autor (2016).**

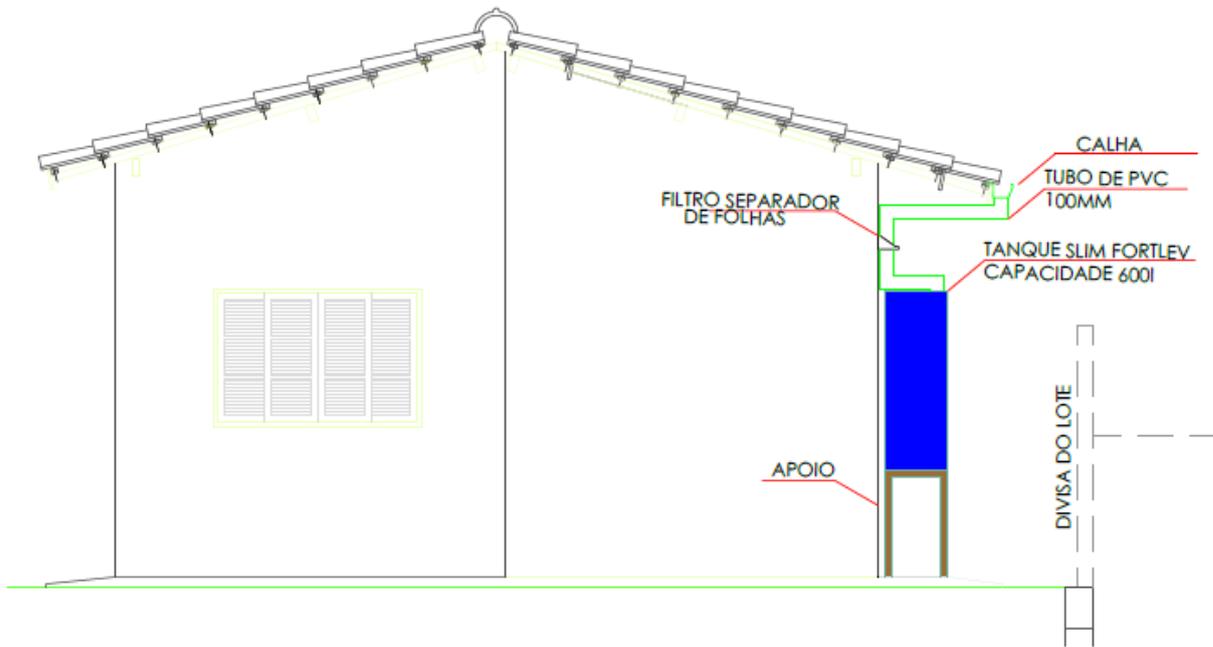
Para atender a proposta acima citada sugere-se uma cisterna com capacidade de armazenamento de 600 litros pois o consumo de água por ciclo de uma máquina de lavar comum é de 103 litros em média como apresenta a Figura 23, contudo indica-se o uso de filtros com desempenho do elemento filtrante de no máximo 200 micra, e implementação de tecnologias pertinentes ao uso proposto em questão.

<b>Energia</b> (Elétrica)		LAVADORA AUTOMÁTICA
Fabricante		Whirlpool
Marca		Consul
Modelo/tensão (V)		CWC08ABANA/127
<b>Mais eficiente</b> 		<b>A</b>
<b>CONSUMO DE ENERGIA (kWh/ciclo)</b> (Programa de lavagem normal - água fria)		<b>0,24</b>
<b>Eficiência de lavagem</b> 		<b>0,91</b>
<b>Eficiência de centrifugação</b> A: melhor E: pior		<b>A B C D E</b>
<b>Capacidade de lavagem (kg)</b>		<b>8,0</b>
<b>Consumo de água (l/ciclo)</b>		<b>103</b>
<small>W110595560 - Rev. B - 03/14</small> <small>Regulamento Específico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia</small> <small>Linha de Máquinas de Lavar - RESP002-LAV</small> <small>Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.</small>		
 <small>PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</small>		
<b>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA, ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</b>		

Figura 23 - Selo PROCEL de uma máquina de lavar.  
 Fonte: [www.consulwp.s3.amazonaws.com](http://www.consulwp.s3.amazonaws.com)

#### 4.3.1 Cisterna

A Figura 24 mostra a elevação com o posicionamento da cisterna a ser utilizada no novo projeto. O reservatório tem capacidade para 5 ciclos completos da máquina de lavar e possui 1,30 m de altura por 1,20 m de largura e 0.6 m de espessura, com um custo aproximado de 600 reais por residência.



**Figura 24 - Elevação para detalhar a cisterna.**  
**Fonte: Autor (2016).**

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A rotação da residência levou, obrigatoriamente, em consideração quatro variáveis: a posição da fachada em relação ao trajeto solar, a posição das aberturas de janela em relação ao sentido predominante dos ventos da região, a posição dos painéis fotovoltaicos em relação ao sol e a posição da habitação imediatamente atrás da casa modelo.

As residências rotacionadas 65 graus no sentido horário reduz as diferenças entre a casa usada como modelo e a casa imediatamente atrás no terreno (com rotas solares opostas). A Figura 25, dentro do círculo, indica a proposta da nova implantação em relação ao projeto original e ao Norte.



**Figura 25 – Representação das quadras rotacionadas.**

**Fonte: Autor (2016).**

Porém, a construtora fez a escolha da disposição das casas baseada na topográfica do terreno. A empresa costuma aproveitar a inclinação natural do terreno construindo as casas no mesmo sentido com a intenção de facilitar a instalação de

todo o sistema de tubulação sanitária. Por isso, para a implantação com uma nova disposição das casas seria necessário reformular toda a topografia terreno.

Vale ressaltar que mesmo com as alterações sugeridas na planta baixa não houve mudança na área da casa. Ocorreu um aumento da área da água do telhado em que se usará para a captação de água pluvial, facilitando o enchimento do reservatório.

Com todas as modificações propostas, houve um adicional total de uma cisterna, uma janela e seis placas fotovoltaicas. A parte mais onerosa são os painéis com custo de 15.200 reais por casa. Porém nesse valor está incluso a mão de obra terceirizada, dito isso, deve-se levar em conta outros dois aspectos: visto o alto número de casas a serem construídas este preço por casa tende a diminuir e a própria empresa poderia se especializar na instalação desses painéis visando a diminuição do custo ao cortar a terceirização da mão de obra.

Com as aplicações das alterações sugeridas, aumenta-se o conforto térmico interno da residência, e há uma redução das despesas mensais em virtude da economia causada nas contas de água e energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. 482: RESOLUÇÃO NORMATIVA, 2012

ANA – Agência Nacional das Águas; SAS/ANA, Superintendência de Conservação de Água e Solo; FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; DMA, Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Sinduscon-SP, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo; COMASP, Comitê de Meio Ambiente do Sinduscon – SP - **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo, junho de 2005.

**ANA divulga publicação Especial sobre a Crise Hídrica.** Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?List=ccb75a86-bd5a-4853-8c76-cc46b7dc89a1&ID=12684>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12269: Instalação de sistemas de aquecimento solar de água em circuito direto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003.

BORMIO, M. F. **Avaliação pós-ocupação ambiental de escolas da cidade de Bauru (SP) e Lençóis Paulista (SP): um estudo ergonômico visto pela metodologia EWA.** Referências | 92 Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, 2007.

BRASIL – Política Nacional de Mudança do Clima. **Lei Federal** nº 12.187. Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 375/05 – In: Resoluções, 2005. Disponível em: <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)>. Acesso em: 30 de maio 2016.

BRUNA, G.C; PISANI, M.A.J. Mudanças Climáticas e pobreza: reflexões. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.18, p.56-66, 2010.

BRÜSEKE, J.F. O problema do desenvolvimento sustentável. In: **Desenvolvimento e Natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. CAVALCANTI, Clóvis (org.) - 2a ed. - São Paulo: Cortez; Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco, 1998.

CARDOSO, Francisco Ferreira et al. Guia Caixa: Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável. Brasília: Páginas & Letras, 2010.

CASA EFICIENTE – **Bioclimatologia e Desempenho Térmico**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), UFSC, Florianópolis, 2010.

CASA EFICIENTE – **Consumo e Geração de Energia**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), UFSC, Florianópolis, 2010.

CASA EFICIENTE – **Uso Racional da Água**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), UFSC, Florianópolis, 2010.

DE PAULA, H. M. **Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia: avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório**. Mestrado em Engenharia Civil – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2005.

DONAIISKY, E.; OLIVEIRA, G. H. C.; MENDES, N. **Algoritmos PMV-MBPC para conforto térmico em edificações e aplicação em uma célula-teste**. Sba: Controle e Automação, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2010.

ECYCLE. Captação de água de chuva: conheça as vantagens e cuidados necessários para o uso da cisterna. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/43-drops-agua/3301-o-que-e-cisterna-tecnologia-projeto-sistema-solucao-alternativa-aproveitamento-reaproveitamento-reuso-captacao-coleta-agua-chuva-pluviais-reservatorio-armazenamento-deposito-caixa-de-agua-casa-condominio-consumo-humano-como-onde-encontrar-comprar.html>>. Acesso em: 28 maio 2016.

GIVONI, Baruch. **Man, climate and architecture**. Londres, Applied Science Publishers, 499 p., 1976.

KLINGAMAN, Nick. El Niño trará 'impactos enormes' em 2016, alertam cientistas. Disponível em: <[http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/01/160102\\_el\\_nino\\_alerta\\_mv](http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/01/160102_el_nino_alerta_mv)>. Acesso em: 15 abril 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. Florianópolis: Eletrobras/procel, 2014.

LAMBERTS, R.; FIRMINO, S.; GOULART, S.V.G. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Núcleo em pesquisa em construção/UFSC, Florianópolis, 1997.

LAMBERTS, Roberto *et al.* **Casa Eficiente: Uso Racional da Água**. 3. ed. Florianópolis, 2010.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de Água**. São Paulo: Manole, 2003.

MENKES, M. **Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade**, UnB-CDS, Doutor, Desenvolvimento Sustentável, 295 p., 2004.

PINI – TÉCHNE: A REVISTA DO ENGENHEIRO. **Artigos relacionados ao sistema de aquecimento Solar – Dimensionamento e instalação de aquecedor solar**. Como construir, Ed.136, julho 2008 – Leonardo Chamone CARDOSO. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br>>. Acesso em: 12 maio. 2016.

PROJETO ÁGUA DAS CHUVAS. Disponível em: <[www.ebah.com.br/content/ABAAAfBoYAK/8projeto-agua-das-chuvas](http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfBoYAK/8projeto-agua-das-chuvas)>. Acesso em: 30 de maio 2016.

RIBEIRO, G. S. **Conforto ambiental, sustentabilidade, tecnologia e meio ambiente: estudo de caso Hospital Sarah Kubitschek – Brasília**. III Fórum de pesquisa FAU – Mackenzie. São Paulo, 2007.

RUAS, A.C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 1999.

SELO PROCEL. Disponível em: <<http://consulwp.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2015/06/CWC08-Selo-Procel.pdf>>. Acesso em: 25 de setembro de 2016.

**SIMULADOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/simulador/index.htm>>. Acesso 25 de setembro de 2016.

SNATURAL. Água de Chuva - Captação e Armazenamento. Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/Agua-Chuva-Captacao-Armazenamento-C.html>>. Acesso em: 29 maio 2016.

**SOLUÇÕES PARA UM EDIFÍCIO EFICIENTE.** Disponível em: <http://projeteee.ufsc.br/>. Acesso em 14 de setembro de 2016.

TAJIRI, Christiane A.H.; CAVALCANTE, Denize C.; POTENZA, João L. **Caderno de Educação Ambiental: Habitação Sustentável.** São Paulo: SMA/CPLA, 2011.

US Report of the National Policy Development Group. "Using energy wisely. Increasing Energy Conservation and Efficiency". In: **Reliable affordable and environmentally sound energy for the American Future.** Washington, may, 2001.