

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DANIELLA EDINA ZANKOSKI**

**CONTRIBUIÇÕES PARA AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS DE  
CONFORTO TÉRMICO EM PROJETO DE EDIFICAÇÃO  
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2015**

**DANIELLA EDINA ZANKOSKI**

**CONTRIBUIÇÕES PARA AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS DE  
CONFORTO TÉRMICO EM PROJETO DE EDIFICAÇÃO  
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Msc. José Valter Monteiro Larcher  
Co-Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Osmar João Consoli

**PATO BRANCO**

**2015**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

# **CONTRIBUIÇÕES PARA AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS DE CONFORTO TÉRMICO EM PROJETO DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR**

## **DANIELLA EDINA ZANKOSKI**

No dia 17 de novembro de 2015, às às 08H15min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº23-TCC/2015.

Orientador: Prof. Msc. JOSÉ VALTER MONTEIRO LARCHER (DACOC/UTFPR-PB)

Co-orientador: Prof. Dr. OSMAR JOÃO CONSOLI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof<sup>a</sup>. Msc. RAYANA CAROLINA CONTERNO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. VOLMIR SABBI (DACOC/UTFPR-PB)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que sempre acreditou em mim, e me fez ver, em momentos de dúvida, que eu era capaz. Obrigada por tudo.

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus por estar sempre comigo, todos os dias me estimulando a continuar.

Aos meus pais pela confiança depositada e pelas várias vezes que lutaram para que eu pudesse realizar meus objetivos e sonhos.

As pessoas especiais, irmãos principalmente, que estão sempre comigo nos momentos alegres como nos de dificuldade sempre me apoiando.

Aos professores dessa Universidade pelos conhecimentos repassados, ao meu Orientador José Valter Monteiro Larcher e Co-Orientador Osmar João Consoli pela cobrança e ensinamentos.

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para realização deste trabalho.

## EPÍGRAFE

Pra quem tem fé a vida nunca tem fim  
(O Rappa, 2013)

## RESUMO

ZANKOSKI, Daniella Edina. **Contribuição para avaliação dos aspectos de conforto térmico em projeto de edificação residencial unifamiliar.** 2015. 81. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

O conceito de projeto arquitetônico atualmente está muito ligado à arquitetura sustentável e arquitetura bioclimática. Tendo como base estudos sobre a habitação e análises do projeto, foram utilizadas estratégias bioclimáticas onde é possível obter condições de conforto no ambiente. O principal objetivo deste trabalho foi identificar os condicionantes bioclimáticos da cidade de Pato Branco no Estado do Paraná, tendo como base a caracterização climática do local e o estudo das diretrizes indicadas pela Norma Brasileira de Conforto NBR 15220-3/2003. Segundo esta Norma, a cidade analisada encontra-se na zona 2 baseada nas recomendações foram estabelecidas diretrizes iniciais de conforto térmico e eficiência energética. Para que fosse gerado as carta solares foi utilizado o software como o Analysis SOL-AR, as análise de aberturas foram avaliadas de acordo a NBR 15220-3/2003 e o Código de Obras da cidade de Pato Branco, e, para a ventilação cruzada foi usado o programa Fluxovento.

Palavras-chave: Projeto. Bioclimática. Estratégias.

## ABSTRACT

ZANKOSKI, Daniella Edna. **A contribution to evaluation of aspects of thermal comfort in single-family residential building project.** 2015. 81. Bachelor thesis (Bachelor of Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2015.

The concept of architectural design today is closely linked to sustainable and bioclimatic architecture. Based on studies about housing and project analysis, bioclimatic strategies were used to obtain a comfortable ambience. The main objective of this work was to identify bioclimatic conditions for Pato Branco, a city in the state of Paraná, based on the climatic characterization of the site and the study of the guidelines set by the Brazilian standard of comfort NBR 15220-3 / 2003. According to this standard, Pato Branco is classified as Zone 2. Based on this information, the initial guidelines have been established for thermal comfort and energy efficiency, using software such as Analysis SUN-AIR to generate solar charts, analysis openings according to NBR 15220-3 / 2003 and cross ventilation using Fluxovento program.

Keywords: design. bioclimatic. estrategy.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Datas de início das estações do ano para o Hemisfério Sul.....	44
Quadro 2 - Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico para Zona 2.....	51
Figura 1 - Fluxograma da Metodologia do Trabalho .....	19
Figura 2 – Abrigo: Proteção contra o sol.....	20
Figura 3 - Abrigo: Proteção contra chuva e neve.....	21
Figura 4 - Abrigo: Proteção contra baixas temperaturas à noite.....	21
Figura 5 – Abrigo desenvolvido conforme sua proteção e segurança .....	21
Figura 6 - Modelo do Processo de projetos de edificações .....	28
Figura 7 - Carta Bioclimática de Olgyay.....	32
Figura 8 - Carta Bioclimática do Brasil.....	32
Figura 9 - Zona de Conforto.....	33
Figura 10 - Ventilação.....	34
Figura 11 - Resfriamento Evaporativo .....	34
Figura 12 - Massa Térmica para resfriamento .....	35
Figura 13 – Refrigeração .....	35
Figura 14 – Umidificação .....	36
Figura 15 - Massa Térmica e Aquecimento Solar.....	36
Figura 16 - Aquecimento Solar Passivo.....	37
Figura 17 - Aquecimento Artificial .....	37
Figura 18 – Representação esquemática da fisiologia humana e trocas térmicas .....	40
Figura 19 - Trocas de calor através de paredes opacas.....	41
Figura 20 - Trocas de calor através de superfícies transparentes ou translúcidas.....	42
Figura 21 - Rotação da Terra.....	43
Figura 22 - Translação da Terra ao redor do Sol.....	43
Figura 23 - Projeção Estereográfica .....	44
Figura 24 - Informações contidas no diagrama solar.....	44
Figura 25 - Classificação Climática de Köppen .....	46
Figura 26 - Classificação Climática de Köppen .....	47

Figura 27 - Zoneamento bioclimático brasileiro. ....	49
Figura 28 - Carta Bioclimática.....	50
Figura 29 - Carta Bioclimática de Pato Branco .....	50
Figura 30 - Classificação Bioclimática de Pato Branco – PR.....	52
Figura 31 - Localização do município Pato Branco no estado do Paraná .....	56
Figura 32 - Localização do terreno na cidade de Pato Branco - PR .....	56
Figura 33 - Planta de Situação .....	57
Figura 34 - Localização do terreno no Bairro Fraron .....	57
Figura 35 - Planta Pavimento Térreo.....	58
Figura 36 - Planta Pavimento Superior .....	59
Figura 37 - Corte AA´ .....	60
Figura 38 - Corte BB´ .....	60
Figura 39 - Elevação Frontal.....	61
Figura 40 - Planta Layout Térreo .....	61
Figura 41 - Planta Layout Superior .....	62
Figura 42 - Carta Solar para latitude 26S (Pato Branco - PR) .....	63
Figura 43 - Posição do Sol no verão e inverno .....	64
Figura 44 - Ângulo formado entre o norte verdadeiro e o terreno.....	66
Figura 45 - Cartas Solares do Terreno com inclinação de 4 <sup>0</sup> em relação ao Norte .....	67
Figura 46 - Brise horizontal infinito .....	68
Figura 47 - Brise vertical infinito.....	68
Figura 48 - Brise horizontal finito .....	69
Figura 49 - Brise vertical finito .....	69
Figura 50 - Corte da Janela 1 .....	70
Figura 51 - Ângulo $\alpha$ .....	70
Figura 52 - Perspectiva Leste do Projeto.....	71
Figura 53 – Incidência Solar na Fachada Leste para a J6.....	72
Figura 54 – Incidência Solar na Fachada Leste para a J7.....	73
Figura 55 - Solstício de verão e inverno na fachada leste .....	73
Figura 56 - Perspectiva Oeste do Projeto .....	74
Figura 57 - Incidência Solar na Fachada Oeste para a J1 E J2.....	75
Figura 58 - Solstício de verão na fachada oeste.....	75
Figura 59 - Perspectiva Norte do Projeto.....	76

Figura 60 – Incidência Solar na Fachada Norte para a J3.....	77
Figura 61 – Incidência Solar na Fachada Norte para a J5.....	78
Figura 62 – Incidência Solar na Fachada Norte para a J8.....	79
Figura 63 - Solstícios e Equinócios na fachada norte.....	79
Figura 64 - Perspectiva Sul do Projeto .....	80
Figura 65 – Incidência Solar na Fachada Sul para J4 .....	81
Figura 66 - Solstício de inverno na fachada sul.....	81
Figura 67 - Ventilação Cruzada .....	82
Figura 68 – Ventilação Cruzada no pavimento térreo.....	83
Figura 69 – Ventilação Cruzada no pavimento superior .....	84
Figura 70 - Aquecimento de biomassa em uma residência .....	86
Figura 71 - Exemplo de sombreamento com uma árvore de folha caduca no Inverno (esquerda) e no Verão (à direita).....	87
Figura 72 – Propostas para novas janelas.....	88
Figura 73 – Recomendações.....	91

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados Climatológicos para Pato Branco (1979-2012).....	47
Tabela 2 - Transmitância térmica, atraso térmico e fatores solares admissíveis para vedações externas.....	52
Tabela 3 - Paredes Leves.....	53
Tabela 4 - Coberturas Leves Isoladas .....	55
Tabela 5 - Orientação de cada face em estudo .....	66
Tabela 6 – Cálculo do Ângulo $\alpha$ .....	70
Tabela 7 - Informações da Carta Solar para Fachada Leste .....	71
Tabela 8 - Informações da Carta Solar para Fachada Oeste .....	74
Tabela 9 - Informações da Carta Solar para Fachada Norte .....	76
Tabela 10 - Informações da Carta Solar para Fachada Sul.....	80
Tabela 11 - Análise das aberturas de ventilação .....	85

## LISTAS DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CIB	International Council for Research and Innovation in Building and Construction

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivos.....	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
1.2	Justificativa.....	17
2	METODOLOGIA.....	18
2.1	Classificação da Pesquisa.....	18
2.2	Procedimentos.....	18
3	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	20
3.1	O PROJETO DA HABITAÇÃO E SEUS CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	20
3.1.1	Habitação Definições e Conceitos.....	20
3.1.2	Qualidade da Habitação.....	22
3.2	O PROJETO ARQUITETÔNICO COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL DA CONSTRUÇÃO.....	23
3.2.1	Conceito de Projeto.....	23
3.3	Etapas Metodológicas.....	24
3.4	Partido Arquitetônico.....	26
3.3	ASPECTOS CONSTRUTIVOS IMPORTANTES PARA A QUALIDADE DO PROJETO HABITACIONAL.....	27
3.3.1	Construtibilidade.....	27
3.3.2	Construção Sustentável.....	29
3.3.3	Conforto térmico.....	31
3.4	O corpo humano.....	39
3.5	Comportamento térmico da construção.....	40
3.5.1	Paredes Opaca.....	41

3.5.2	Paredes Transparentes ou Translúcidas .....	42
3.5.3	Elementos de Proteção Solar.....	42
3.6	Geometria Solar .....	43
3.6.1	Movimentos da Terra .....	43
3.7	Diagramas Solares.....	44
4	DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO.....	46
4.1	Aspectos climáticos da cidade de Pato Branco .....	46
4.2	NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações de Interesses Social .....	48
4.3	Caracterização do terreno e do projeto.....	56
4.4	O Projeto Arquitetônico .....	58
4.5	Carta solar para pato branco .....	62
5	RESULTADOS .....	65
5.1	Ánalise das cartas solares .....	65
5.1.1	Tipos de proteções solares .....	68
5.1.2	Cálculo do Ângulo $\alpha$ .....	69
5.2	Ánalise da ventilação .....	82
5.3	Análise das aberturas do projeto.....	84
5.4	DISCUSSÕES.....	86
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92

## 1 INTRODUÇÃO

O projeto mais próximo à rotina do aluno é a habitação, bem como o abrigo, que pelo vivenciar os espaços da casa se inicia a qualidade de vida. A importância de um desenvolvimento do partido arquitetônico se dá pelas características do espaço em cada ambiente, o conforto transmitido, a ligação entre exterior e interior da casa, e, os elementos e detalhes construtivos (VIZIOLI; BANDEIRA 2005).

Cada vez mais as construções de arquitetura residencial devem proporcionar a sensação de conforto e praticidade. Hoje, com as evoluções tecnológicas, os engenheiros devem buscar conhecer e aprimorar métodos e técnicas neste objetivo, como aproveitamento de energia solar, reaproveitamento de águas pluviais, materiais sustentáveis, *softwares*, plataforma BIM, entre outros. Diante desta situação, a construção civil apresenta mudanças significativas, com isso o mercado vem exigindo mais qualidade, rapidez e economia no desenvolvimento dos projetos e das construções.

Este trabalho se refere à importância do conforto térmico e da etapa do projeto arquitetônico no processo de produção de edificações. Considera o projeto arquitetônico como uma etapa fundamental para um entendimento do que seja qualidade, pois é no projeto que se inicia o estudo de conforto térmico, utilizando estratégias a favor, como a insolação, iluminação e ventos. É um dos objetivos da formação do engenheiro civil e do arquiteto, exigindo, além da capacitação técnica, o desenvolvimento de valores, aproveitamento ambiental, funcionalidade, integração e construtibilidade que definem a qualidade que distingue das construções em geral.

De tal modo, o Brasil está vivendo uma evolução na construção civil, e com a recente publicação da Norma Brasileira de Desempenho de Edificações Habitacionais (NBR 15575), em julho de 2013. Esta Norma estabelece requisitos e critérios para avaliação do desempenho estrutural, da segurança ao fogo, da estanqueidade à água, do desempenho térmico, do desempenho acústico, do desempenho lumínico, da saúde, higiene e qualidade do ar, da funcionalidade e acessibilidade, do conforto tátil e antropodinâmico, da adequação ambiental e da durabilidade, que se mostra como a melhor forma de se melhorar a qualidade das



construções. Esta Norma regulamenta o que vem se modificando o conceito que se diz respeito de bom desempenho ao longo do tempo da edificação.

Desta maneira, a finalidade do trabalho é buscar, discutir, analisar e avaliar os projetos de habitações, satisfazendo as necessidades dos proprietários e usuários, simplificando as evoluções tecnológicas, realizando práticas de sustentabilidade nas edificações, buscando o conforto térmico adequado.

As metodologias que foram empregadas para a realização do trabalho foram: pesquisas bibliográficas, busca de conhecimento com os profissionais da área de construção civil, como arquitetos, engenheiros, técnicos, e também o conhecimento de Normas Brasileiras e Legislações da cidade de Pato Branco, entre outros.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar um projeto de residência unifamiliar, resultante da disciplina Projeto Arquitetônico (PA27CV), quanto aos aspectos de conforto térmico.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Compreender e utilizar o projeto da habitação como materialização de expectativas pessoais dos usuários e também como expressão de seu contexto histórico.

Avaliar o projeto realizado na disciplina, em relação aos seus aspectos de conforto térmico: análise de incidência solar, análise de ventilação e análise de aberturas.

Avaliar e propor melhorias nos aspectos de habitabilidade e conforto do projeto arquitetônico em questão, utilizando estratégias.

Recomendações para os ambientes no que se refere às variáveis que influenciam diretamente no conforto térmico.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), na sua resolução n.1048/2013 diz que é atribuição de engenheiro civil, com a sua formação profissional, a competência legal para se responsabilizar tecnicamente pelas atividades de projeto arquitetônico (CONSELHO...,2013). Esta também é a exigência dos órgãos públicos, que controlam a atividade da construção, juntamente com o arquiteto, que é regido pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU).

Também é atribuição do engenheiro civil desenvolver projetos de engenharia e arquitetura utilizando normas técnicas como a NBR 13531 - Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas (ASSOCIAÇÃO..., 1995a) e para a construção da edificação de acordo com a NBR 13532 - Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura (ASSOCIAÇÃO..., 1995b). A partir desses projetos, elabora a viabilização técnica da edificação, através de projetos de estruturas, elétrica, hidráulica e outros complementares, à medida que geram os indicadores dos custos da obra.

Em relação à viabilidade técnica, é importante a integração e compatibilização desses projetos, pois é o que definirá a funcionalidade, qualidade, harmonia e também a estética da construção, além de, os custos serem compatíveis com os interesses e orçamento do proprietário. Se este não for bem adequado ou bem concebido, poderá gerar gastos excessivos e até inviabilizar o empreendimento.

Desta forma, a atividade do engenheiro civil atende uma necessidade básica do ser humano de possuir uma moradia, melhorando e aperfeiçoando os espaços, diminuindo custos, desenvolvendo melhores processos e técnicas construtivas, e proporcionando um conforto térmico e acústico. Assim, este trabalho tem como visão aperfeiçoar e enriquecer o conhecimento de projeto de arquitetura tendo como base os objetivos específicos.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Rezende e Abiko (2004) definem que um estudo de caso é uma análise de fenômenos sociais complexos, onde não é possível desenvolver em laboratórios, possuindo influências e forças e, quanto as perguntas a serem feitas, se referem mais a: como, por que, do que, quanto. Deste modo, o estudo de caso se torna o método de pesquisa mais adequado. A utilização do estudo de caso tanto na área de engenharia civil como na de arquitetura é crescente como estratégia de pesquisa. O embasamento teórico tem objetivo de apresentar as definições importantes.

Diante disto, a pesquisa classifica-se como estudo de caso, tendo como objeto de estudo, o processo de projeto de uma habitação unifamiliar, desenvolvido na disciplina Projeto Arquitetônico (PA27CV) do curso de engenharia civil da UTFPR Câmpus Pato Branco. Para desenvolver o trabalho, uma pesquisa bibliográfica centrada no tema 'projeto de habitação' foi desenvolvida, sobretudo nos aspectos do projeto arquitetônico, suas etapas e componentes fundamentais, tendo em vista o conforto térmico e qualidade do projeto habitacional em face de problemas. Como instrumentos de pesquisa e avaliação de dados, foram realizadas análises de documentos e questionários destinados a validar informações obtidas.

### 2.2 PROCEDIMENTOS

Primeiramente foi feita uma pesquisa bibliográfica através de artigos e trabalhos científicos relacionados ao tema, definindo o conceito de habitação, do projeto arquitetônico e aspectos de construtibilidade, visando à qualidade e conforto térmico de uma construção, adequados a uma residência unifamiliar.

Após a primeira etapa, onde foi definido o conhecimento do tema, foi feita a escolha da unidade de pesquisa, que se refere a um projeto de edificação residencial desenvolvido na disciplina PA27CV, onde foi realizado o estudo de caso.

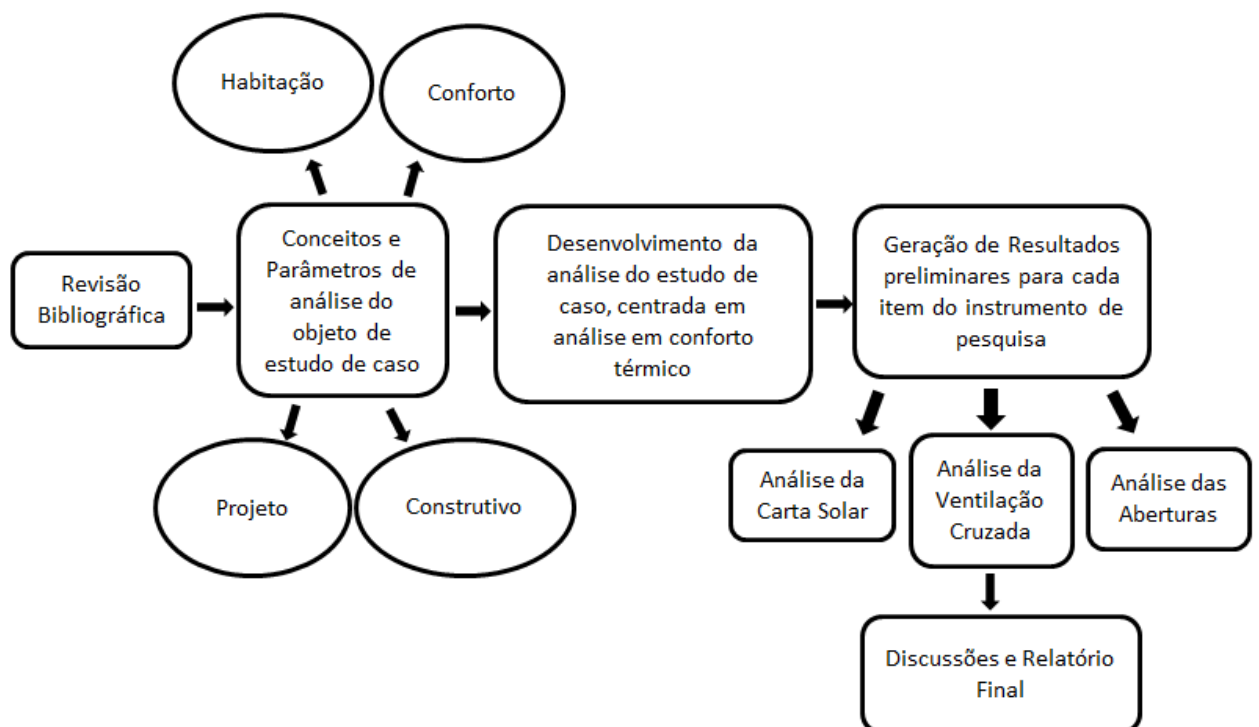
Depois da delimitação da unidade de pesquisa, deu-se início a uma análise e avaliação em relação a alguns conceitos ou parâmetros:

a. Aspectos de conforto:

- Ventilação
- Iluminação natural
- Insolação e Sombreamento

Os instrumentos de análise de dados utilizados foram elaborados a partir dos conceitos apreendidos na revisão bibliográfica e de análises de documentos, como Legislações e Normas. Já como instrumentos de trabalho são utilizados *softwares* de desenho e *softwares* de textos onde resultarão problemas e resultados.

Enfim, depois de todas as análises feitas, será feito um apontamento de sugestões e propostas para melhorias, tanto para o projeto como para a disciplina. Todas estas etapas podem ser visualizadas em um fluxograma, apresentado na figura a seguir.



**Figura 1 - Fluxograma da Metodologia do Trabalho**  
 Fonte: Autoria Própria, 2015.

### 3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

#### 3.1 O PROJETO DA HABITAÇÃO E SEUS CONCEITOS FUNDAMENTAIS

##### 3.1.1 Habitação: Definições e Conceitos

Segundo Florim e Quelhas (2004) a habitação é uma ferramenta de grande importância para o equilíbrio social, bem como é a que representa uma segurança e um abrigo natural à família. A habitação é uma condição básica, sendo uma necessidade do ser humano, atendendo às necessidades essenciais ao bem morar e sua cultura, caracterizando valores cultuados desde a infância, como segurança, abrigo e status. Uma vez alcançados, esses valores permitem que o homem conquiste novos objetivos, pois é o que faz dela um importante fator de estabilidade social e política.

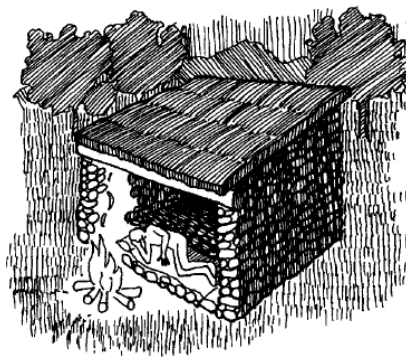
Nas figuras abaixo pode-se perceber a evolução da habitação, que no começo tinha apenas a função de abrigo, e conforme as necessidades foram evoluídas para a sua própria proteção e segurança.



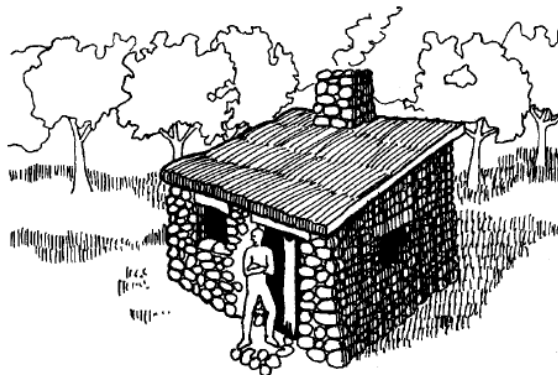
**Figura 2 – Abrigo: Proteção contra o sol**  
Fonte: ALLEN, 2005.



**Figura 3 - Abrigo: Proteção contra chuva e neve**  
Fonte: ALLEN, 2005.



**Figura 4 - Abrigo: Proteção contra baixas temperaturas à noite**  
Fonte: ALLEN, 2005.



**Figura 5 – Abrigo desenvolvido conforme sua proteção e segurança**  
Fonte: ALLEN, 2005.

De acordo com Carli (2004), a habitação, moradia, casa ou lar, é o território primário do ser humano, ligado diretamente a sua proteção. É nesse espaço que o homem desenvolve sua proteção. Do mesmo modo, é um dos espaços mais importantes e essenciais para o ser humano, pois é onde se pratica as principais atividades básicas, como por exemplo comer, dormir, descansar entre outros. Entende-se que é um lugar protegido e privado.

Sebba e Churchman (1983 *apud* CARLI, 2004) explicam que a casa tem quatro áreas: a área individual, as áreas divididas, as áreas públicas e de jurisdição, sendo: “i) individual: quarto individual de uma criança ou o escritório do pai; ii) dividido: quarto do casal ou quarto compartilhado; iii) público: sala, banheiro, corredores; iv) jurisdição: a cozinha que é de responsabilidade da mãe, ou o jardim que é responsabilidade do pai.”

Deste modo, Bechtel (1997 *apud* CARLI, 2004) afirma que os ambientes podem ter maior importância ou não, pois depende de cada indivíduo, da sua idade e de suas responsabilidades. Porém, a habitação deve ser adequada e confortável para todos os indivíduos independentes de sua idade ou gosto pessoal, para que a habitação seja um elemento importante para o desenvolvimento, tanto para crianças como para os idosos.

A habitação é um direito de todo e qualquer cidadão como está previsto no artigo VI da Constituição Federal e na Declaração Universal dos Direitos Humanos:

(...) São direitos sociais a educação, a saúde, o trabalho, a **moradia**, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição. Toda pessoa tem direito a um padrão de vida capaz de assegurar a si e a sua família saúde e bem-estar, inclusive alimentação, vestuário, **habitação**, cuidados médicos e os serviços sociais indispensáveis, e direito à segurança em caso de desemprego, doença, invalidez, viuvez, velhice ou outros casos de perda dos meios de subsistência fora de seu controle (BRASIL, 1988, grifos da autora).

### 3.1.2 Qualidade da Habitação

A qualidade de uma habitação, de acordo com Kenchian (2011), é uma interação de várias características e da associação de diversos espaços, elementos, materiais e componentes. Quando a moradia tem qualidades baixas, as condições de saúde e segurança dos moradores ficam expostas a riscos, contudo cada habitação é uma particularidade, pois envolve as necessidades de cada morador.

Conforme Pedro (2000) a definição de qualidade residencial deve considerar três expectativas:

- I. De adequação a longo prazo, que proporciona a alteração das necessidades dos residentes durante o prazo de vida útil previsto;

- II. De adequação social e cultural, que permita integrar os interesses e necessidades particulares de cada morador com os dos restantes moradores e da própria sociedade;
- III. De inovação, que estimule a opção por soluções inovadoras, que possam representar-se em uma melhoria das condições oferecidas e estimular o desenvolvimento.

Portanto, essas perspectivas ajudam na compreensão que a qualidade residencial é a relação entre a adequação da habitação e das necessidades dos moradores, compatibilizando os interesses e necessidades individuais com as das sociedades, incentivar as inovações para o melhoramento das condições, assim estimulando o desenvolvimento.

## 3.2 O PROJETO ARQUITETÔNICO COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL DA CONSTRUÇÃO

### 3.2.1 Conceito de Projeto

A (ASSOCIAÇÃO...,2012) sob a norma NBR 5674- Manutenção de edificações -Procedimento, define projeto como a representação gráfica e escrita das propriedades de um serviço ou obra de engenharia ou arquitetura, determinando seus aspectos técnicos, econômicos, legais e financeiros.

Segundo Aldabó (2001) projeto é uma sequência de atividades e práticas que são definidas com início e fim distintos, consiste também na atividade humana voltada a atingir um objetivo comum.

São ações relacionadas e executadas de modo organizado para alcançar um produto final já delimitado anteriormente, requerendo um tempo para que essas atividades sejam colocadas em prática (PERALTA, 2002).

Deste modo, o projeto é uma ordem de atividades e ideias, buscando definir as características do produto, onde requer um tempo para que todas as fases



do projeto sejam concluídas. É uma forma de minimizar imprevistos e trazer benefícios para o empreendimento.

### 3.3 ETAPAS METODOLÓGICAS

Para que um projeto arquitetônico seja desenvolvido, conforme o Manual de Contratação dos Serviços de Arquitetura e Urbanismo (AsBEA, 1992), sabe-se que um projeto de arquitetura possui fases e etapas de trabalho, de forma que, ao seu término, os resultados possam ser avaliados e aferidos quanto a:

- compatibilidade do projeto com o programa de necessidades;
- funcionalidade do projeto;
- dimensionamento e padrões complementares;
- compatibilidade com os projetos complementares;
- custos e prazos de execução da obra.

A Norma NBR 13532 (ASSOCIAÇÃO...,1995b) evidencia a separação do processo de desenvolvimento das atividades técnicas do projeto de edificações em levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto básico e projeto para execução.

Logo, serão detalhadas as fases de um projeto de acordo com a norma NBR 12722 – Discriminação de Serviços para Construção de Edifícios (ASSOCIAÇÃO...,1992).

- a) Levantamento das informações e dos dados: pesquisa das condições existentes e das necessidades cliente, conduzindo o produto final.
- b) Programa de Necessidades: verificações junto ao cliente sobre as necessidades, assim como as expectativas a serem alcançadas ao término da obra, tanto nos aspectos qualitativos quanto quantitativos.
- c) Estudo de Viabilidade: é feita uma análise quanto aos quesitos técnicos, legais e econômicos a respeito dos projetos, conferindo com o cliente se suas necessidades estão de acordo com a legislação vigente, investimentos a serem custeados e área a ser construída.

- d) Estudo Preliminar: estabelece a proposta inicial da solução arquitetônica, considerando, por exemplo, o número de pavimentos da edificação, implantação adotada conforme às necessidades do cliente, entretanto sem algum detalhamento definitivo.
- e) Anteprojeto: é desenvolvido a partir dos estudos preliminares aprovados pelo cliente, ou seja, é o resultado final. Considerando nesta etapa as especificações técnicas e a parte gráfica. Entretanto, são indicadas formas construtivas e pré-dimensionamento de alguns projetos a fim de levantar custos da obra.
- f) Projeto Legal: com o projeto arquitetônico desenvolvido obtendo todas as requisições e necessidades do cliente, atendendo as normas vigentes, os projetos são submetidos aos órgãos públicos competentes, visando adquirir as respectivas licenças e alvarás para a sua execução.
- g) Projeto Executivo: constitui o projeto final, abrangendo todas as informações para a execução da obra, incluindo a compatibilização dos projetos complementares, as medidas em suas escalas apropriadas, informações detalhadas para orçamento de materiais e mão de obra.
- h) Detalhes Construtivos: são desenhos complementares em escalas apropriadas a fim de detalhar algum elemento do projeto executivo para compreensão final.
- i) Projeto para produção: ajuda no planejamento e na construção do empreendimento para que não haja atrasos, afim de obter um controle de tempo dos materiais ou equipamentos que serão utilizados.
- j) Caderno de Especificações / Memorial Descritivo: caracteriza-se pela descrição do projeto, isto é, o detalhamento do tipo de material a ser empregado e respectivo locais, cores, marcas, tipos de esquadrias, tipo de revestimento, etc.
- k) Projeto as Built: é o projeto que demonstra a execução em obra, as alterações de projeto que ocorreram na execução da obra; muito usado para manutenções futuras.

### 3.4 PARTIDO ARQUITETÔNICO

Para a determinação de um Partido Arquitetônico, Kenchian (2011) constata que o aspecto construtivo pode ser o mais relevante dos determinantes, pois é onde se encontra dados de interesse cultural, logo, determina uma personalidade. Para garantir a viabilidade executiva da edificação proposta, deve ser compreendida a apropriação e qualificação tecnológica dos materiais e elementos construtivos a serem aplicados.

A arquitetura, segundo Kenchian (2011), compreendida como Partido Arquitetônico é formada a partir de três aspectos básicos: i) o aspecto formal; ii) o aspecto funcional e iii) o aspecto construtivo.

O aspecto funcional, com a mesma importância da técnica construtiva, pode-se dizer sobre esse aspecto, que há relação entre o uso do edifício e a construção, tanto na apropriação e utilização do ambiente construído para seu residente (KENCHIAN, 2011).

Embora, o aspecto formal, é que definirá o espaço arquitetônico, ou seja, espaços construídos a partir das necessidades e aspirações, portanto, considerando as funções que associam um número de determinado de atividades ao modo de viver, e o espaço que ocupa (KENCHLAN, 2011).

Lemos (1989) define partido, como a arquitetura interagindo com o meio ambiente, gerando novos lugares, para alcançar as necessidades e expectativas planejadas. Com alguns determinantes fundamentais é entendido como partido, que seria a resposta física da ação sugerida. Os principais determinantes do partido seriam:

- “A técnica construtiva, segundo os recursos locais, tanto humanos como materiais, que inclui aquela intenção plástica, às vezes subordinada aos estilos arquitetônicos.
- O clima.
- As condições físicas e topográficas do sitio onde se intervém.
- O programa de necessidades, segundo os usos, costumes populares ou conveniências do empreendedor.
- As condições financeiras do empreendedor dentro do quadro econômico da sociedade.

- A legislação regulamentadora e/ou as normas sociais e/ou as regras de funcionalidade.” (LEMOS, 1989, p.40)

### 3.3 ASPECTOS CONSTRUTIVOS IMPORTANTES PARA A QUALIDADE DO PROJETO HABITACIONAL

Neste capítulo serão compreendidos os aspectos de valor para um projeto de edificação, pois é o que dará conforto e controle térmico durante a elaboração do projeto e a realização da obra, garantindo assim a qualidade e o bem-estar.

#### 3.3.1 Construtibilidade

O conceito de construtibilidade surgiu no início dos anos 80 na Inglaterra e nos Estados Unidos. Apesar de que nestes países fossem empregados termos distintos como “*buildability*” (termo europeu) e “*constructability*” (termo norte-americano), ambos se referem a uma mesma área de interesse na construção (Sthen; Bjornfot *apud* RODRIGUES 2005).

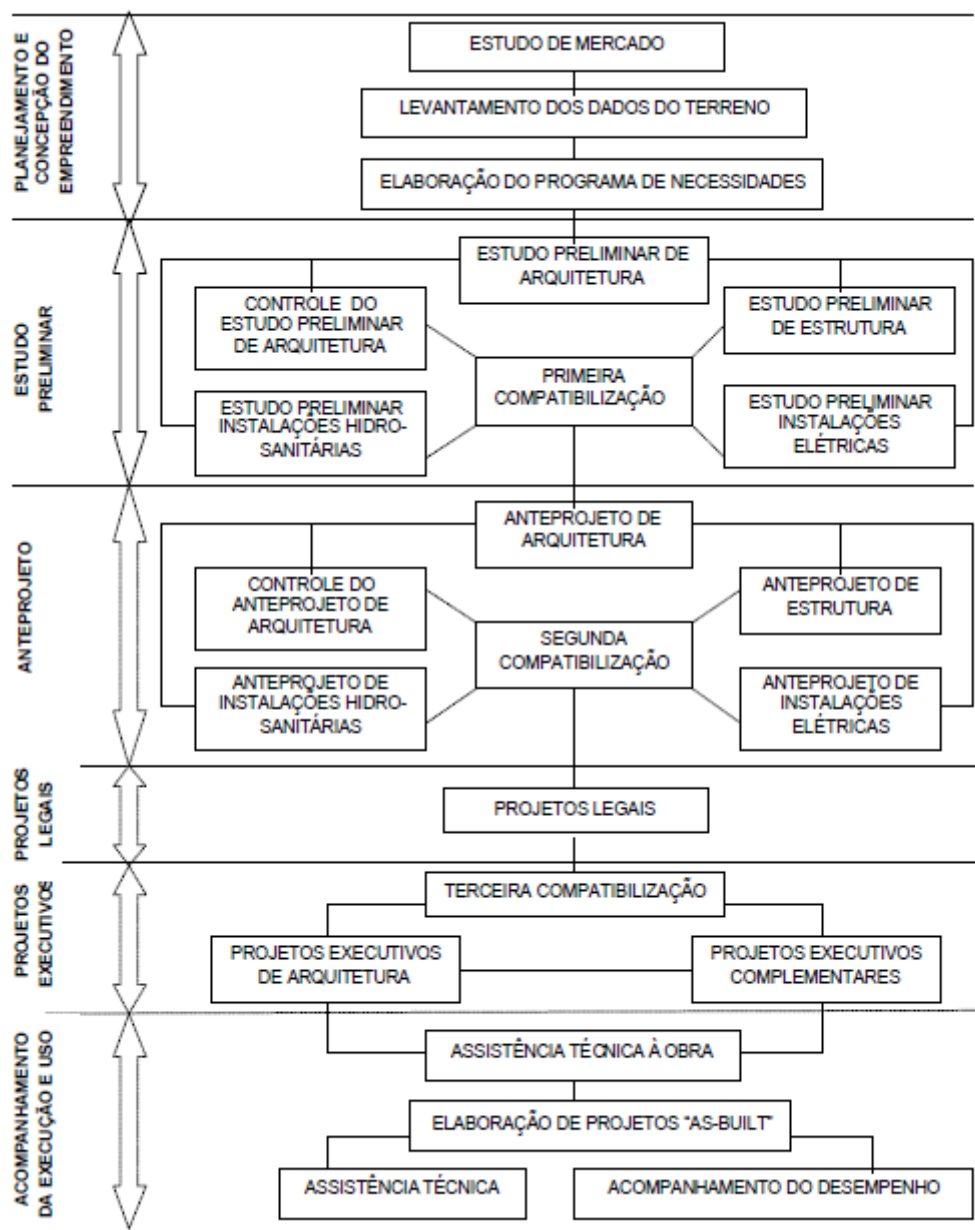
Ferguson (1989) define Construtibilidade (“*buildability*”) como a capacidade de construir um edifício de forma eficiente, econômica e qualidade, a partir dos seus materiais constituintes, componentes e subconjuntos. Para o autor os *designers* devem estar familiarizados com a função e desempenho, pois que quase tudo que eles desenham ou descrevem, por escrito, na fase de desenho de produção é a intenção de transmitir a qualidade que eles desejam ver alcançados no edifício concluído.

Sendo assim, Rodrigues (2005), observa que o primeiro termo, *buildability*, restringe o esforço pela melhoria da construtibilidade ao projeto do produto. De outro lado, o segundo termo, *constructability*, amplia o escopo de atuação do esforço pela melhoria da construtibilidade, incluindo o planejamento, contratação e o trabalho no canteiro.

Rodríguez e Heineck (2003) explicam que a construtibilidade do projeto possui uma relação entre as etapas de projeto e a execução, mas para isso deve-se

possuir o conhecimento e prática técnica em diversos graus para dominar a execução dos empreendimentos.

Deste modo, para a compreensão de uma apropriada gestão do processo de projeto e aplicação de conceitos como a construtibilidade, deve ser dividido em etapas. Baseando em modelos indicados por diversos pesquisadores como Melhado (1996 *apud* MELHADO 1998), Tzortzopoulos (1999) e Rodríguez e Heineck (2001), na Figura 6 é apresentado um modelo geral para esse processo, onde o conceito de construtibilidade pode ser aplicado em cada uma das etapas apresentadas.



**Figura 6 - Modelo do Processo de projetos de edificações**  
 Fonte: Rodríguez e Heineck, 2003.

Desta maneira, Oliveira (1994, p.) define construtibilidade como a “[...]forma de reduzir a complexidade técnica e gerencial existentes nos processos produtivos da construção civil, devido às suas características intrínsecas”.

Portanto, com base do que foi visto sobre construtibilidade pode-se dizer que, considerando os critérios do processo produtivo ao longo de todas as etapas de desenvolvimento do produto, construtibilidade é a facilidade com que uma edificação pode ser construída e, também verificada quanto ao seu desempenho. Assim, deve ser considerada como uma qualidade importante do projeto arquitetônico, no sentido de se obter um bom desempenho também no conforto térmico.

### **3.3.2 Construção Sustentável**

Corrêa (2009) observa que a sustentabilidade na construção civil vem crescendo no mercado, bem como, incentivando e apertando o setor da construção a associar essas práticas em suas atividades. Ressalta ainda, que as empresas devem mudar sua forma de produzir e coordenar suas obras, estimulando a inclusão progressiva de sustentabilidade, buscando, em cada obra, soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para o empreendimento.

Aconselha Corrêa (2009) que para uma edificação ser sustentável deve respeitar quatro requisitos básicos:

- adequação ambiental;
- viabilidade econômica;
- justiça social;
- aceitação cultural.

As informações e análises do mercado da construção em relação a impactos ambientais despontam que há uma necessidade para a sustentabilidade. Inicialmente devem-se analisar as características da construção clássica e confrontar com a nova fundamentação sustentável para os materiais de construção, os produtos e processos construtivos. Essa linha de pensamento transformou fatores tradicionalmente considerados competitivos na indústria da construção: a qualidade, o tempo e o custo (Kilbert *apud* COLAÇO 2008).

Já o Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção (CIB, 2002, p.8.) fala de “restabelecimento da harmonia”, já que, com a vinda da

energia elétrica e das demais tecnologias de aquecimento e resfriamentos artificiais, muitos métodos que priorizavam o aproveitamento passivo de fatores naturais, como luz, calor, ventilação, entre outros, foram deixados para trás. Entretanto, há um espaço para que se readquira antigas tecnologias e métodos para o aumento da sustentabilidade, logo irá trazer incentivos, sem impactos grandes no custo final da obra.

De acordo com Araújo (2006), a construção sustentável é um princípio que causa interferências no meio ambiente, adequando-o para suas prioridades de uso, produção e consumo humano, sem acabarem os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras. Faz uso de materiais ecológicos, de soluções tecnológicas para incentivar a prática e a economia de recursos, a redução da poluição e o conforto dos seus habitantes.

A associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura – AsBEA, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – CBCS e outras instituições apresentam vários princípios básicos da construção sustentável, dentre os quais estão:

- o aproveitamento dos recursos naturais locais;
- o aproveitamento do meio ambiente e a utilização mínima do terreno;
- análise e implantação do entorno;
- não causar ou moderar os impactos no entorno - paisagem, temperaturas e concentração de calor, conforto;
- qualidade ambiental internamente e externamente;
- práticas sustentáveis da obra;
- adequar os anseios atuais e futuros dos moradores;
- uso de eco materiais;
- redução do consumo de energia;
- redução do consumo de água;
- reduzir, reaproveitar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- implantar inovações tecnológicas quando possível;
- conscientização da sociedade sobre educação ambiental.

Nesses princípios, a sociedade tem pela frente um grande desafio: praticar o consumo sustentável, utilizando os recursos naturais com mais eficiência, como a iluminação e a ventilação e outros benefícios que o meio ambiente possui, além disso diminuindo o desperdício na hora de utilizar os materiais. Especialmente, incluir em cidades maiores, pois o impacto ambiental é maior, com isso proporcionaria mais qualidade de vida aos habitantes. (CARTILHA CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 2015).

Com todos os recursos tecnológicos e soluções sustentáveis nos dias de hoje, são muitas as alternativas para reduzir o impacto ambiental das edificações. E estes avanços devem fazer parte da elaboração do projeto arquitetônico, contribuindo no ciclo de vida do edifício.

### **3.3.3 Conforto térmico**

De acordo com ASHRAE (2004) conforto térmico é determinado como a condição mental que demonstra satisfação com o ambiente térmico que envolve o ser humano.

A Carta Bioclimática de Olgyay de 1963 delimitou a relação entre clima e projeto arquitetônico. A carta foi a primeira representação gráfica a mostrar a conexão entre clima e o conforto humano. Desta maneira, os irmãos Olgyay propuseram uma zona de conforto e sugeriram medidas corretivas para se atingir conforto quando o ponto em estudo estiver fora da zona de conforto, essas medidas poderiam ser passivas ou ativas, dependendo dos parâmetros climáticos (LAMBERTS, 2011).



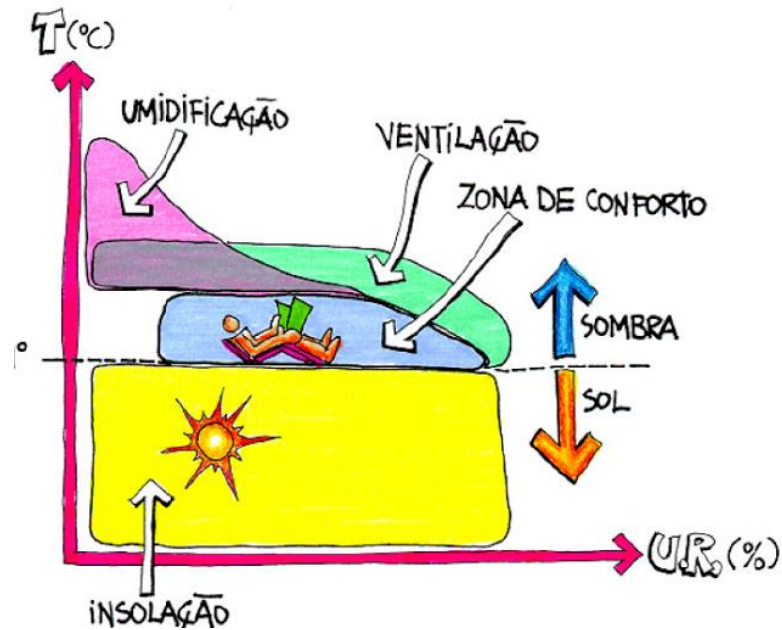


Figura 7 - Carta Bioclimática de Olgyay  
Fonte: LABCON, 2015.

A Carta Bioclimática desenvolvida por Givoni em 1991, foi construída sobre o diagrama psicrométrico. Como mostra a figura 7. Sendo dividida em 9 zonas, cada uma associada a uma estratégia de projeto. A análise da carta bioclimática da cidade fornece dados para estratégias gerais, ponto de partida para a incorporação de diretrizes sustentáveis (LAMBERTS, 2011).

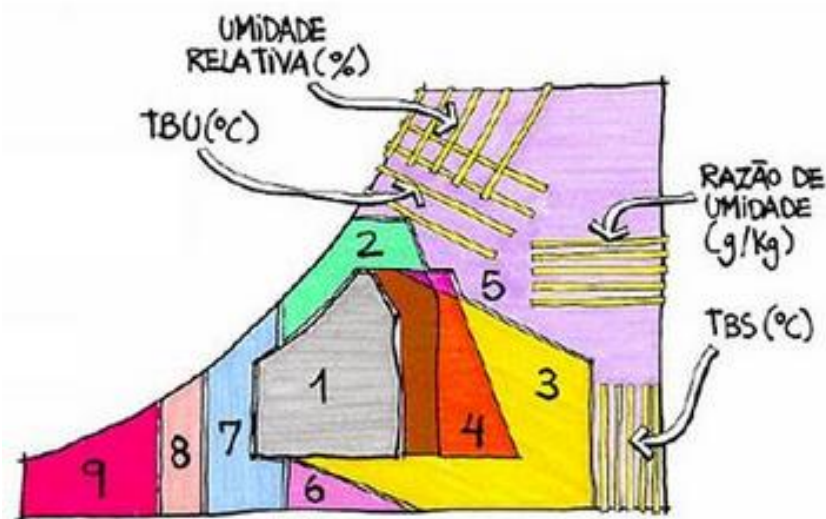


Figura 8 - Carta Bioclimática do Brasil  
Fonte: LABCON, 2015.

- i. Zona de conforto

- ii. Zona de ventilação
  - iii. Zona de resfriamento evaporativo
  - iv. Zona de massa térmica para resfriamento
  - v. Zona de condicionamento
  - vi. Zona de umidificação
  - vii. Zona de massa térmica para aquecimento
  - viii. Zona de aquecimento solar passivo
  - ix. Zona de aquecimento artificial
- i. Zona de Conforto: Pode-se verificar que a sensação de conforto térmico pode ser obtida para umidade relativa variando de 20 a 80% e temperatura entre 18 e 29°C.



**Figura 9 - Zona de Conforto**  
Fonte: LABCON, 2015.

- ii. Ventilação: Corresponde uma estratégia de resfriamento natural do ambiente construído através da substituição do ar interno (mais quente) pelo externo (mais frio).

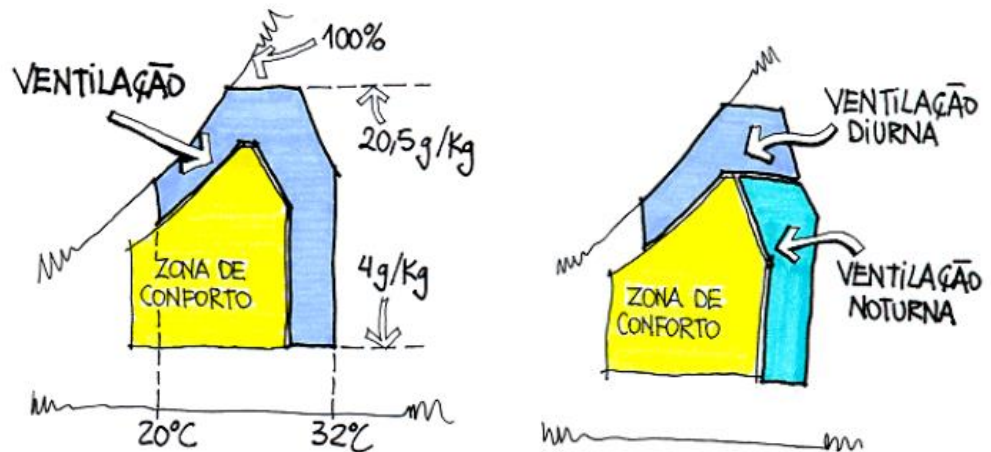


Figura 10 - Ventilação  
Fonte: LABCON, 2015.

- iii. Resfriamento Evaporativo: É uma estratégia para aumentar a umidade relativa do ar e diminuir a sua temperatura

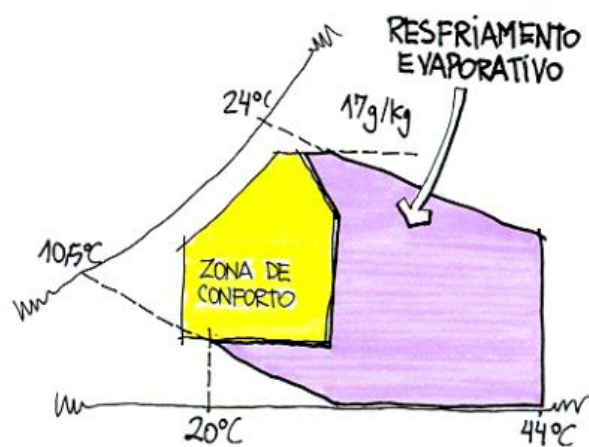


Figura 11 - Resfriamento Evaporativo  
Fonte: <http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/431.pdf>

- iv. Massa térmica para resfriamento: A utilização de componentes construtivos com inércia térmica (capacidade térmica) superior faz com que a amplitude da temperatura interior diminua em relação a exterior.



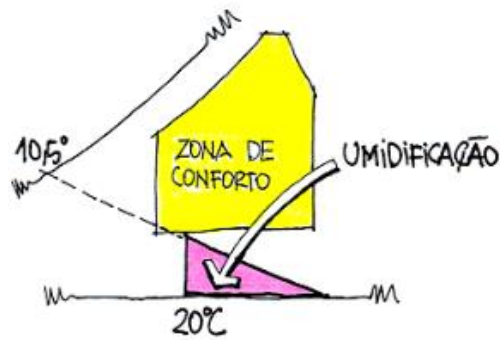
**Figura 12 - Massa Térmica para resfriamento**  
**Fonte: LABCON, 2015.**

- v. Resfriamento Artificial: Deve ser utilizado quando as estratégias de ventilação, resfriamento evaporativo e massa térmica não proporcionam as condições desejadas de conforto.



**Figura 13 – Refrigeração**  
**Fonte: <http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/431.pdf>**

- vi. Umidificação: Recursos simples, como recipientes com água colocados no ambiente interno podem aumentar a umidade relativa do ar. A estratégia de umidificação é recomendada quando a temperatura do ar apresenta-se menor que 27°C e a umidade relativa abaixo de 20% (EVANS e SCHILLER, 1988).



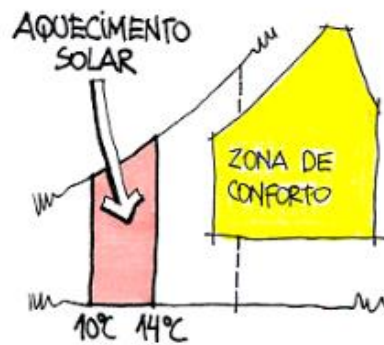
**Figura 14 – Umidificação**  
**Fonte: LABCON, 2015.**

- vii. Massa Térmica e Aquecimento Solar: Podem-se adotar componentes construtivos com maior inércia térmica para evitar perdas de calor, além de aquecimento solar passivo e isolamento térmico, pois esta zona situa-se entre temperaturas de 14 a 20°C.



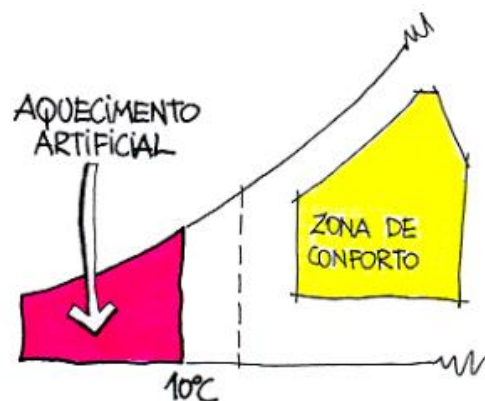
**Figura 15 - Massa Térmica e Aquecimento Solar**  
**Fonte: LABCON, 2015.**

- viii. Aquecimento Solar Passivo: Deve ser adotados para os casos com baixa temperatura.



**Figura 16 - Aquecimento Solar Passivo**  
**Fonte: LABCON, 2015.**

- ix. Aquecimento Artificial: Deve-se usar isolamento nas paredes e coberturas dos ambientes aquecidos para se evitar perdas de calor para o ambiente externo. É utilizado apenas em locais extremamente frios, com temperatura inferior a aproximadamente  $10,5^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 17 - Aquecimento Artificial**  
**Fonte: LABCON, 2015.**

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997), a avaliação do desempenho térmico de uma edificação envolve variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas. Cada uma das variáveis possui características diferentes, contudo cada uma tem seu nível de importância, que deve ser analisado quando se calcula a carga térmica de um ambiente, isto é, a quantidade de calor total que deverá ser retirada ou fornecida ao ar do ambiente para mantê-lo em condições desejáveis.

- Variáveis Climáticas
  - Insolação: depende da orientação e do tipo de janela e das respectivas proteções solares utilizadas.
  - Temperatura do ar externo.

- Umidade do ar externo.
- Variáveis Humanas
  - Ocupantes: o calor gerado pelos ocupantes depende de sua atividade física (metabolismo) e o número de usuários do ambiente.
- Variáveis Arquitetônicas
  - Fechamentos Opacos: todos os fechamentos opacos (paredes, pisos, tetos) podem ser fontes de ganho ou perdas térmicas do ambiente por condução entre os meios exterior e interior.
  - Fechamentos transparentes: atuam através dos ganhos de calor por insolação e das trocas entre os meios externo e interno por condução.
  - Iluminação artificial: a iluminação artificial também gera calor, que deve ser considerado como integrante da carga térmica.
  - Outras fontes de calor: como computadores, máquinas e outros equipamentos que podem gerar calor no ambiente.
  - Infiltração e renovação: as condições de temperatura e umidade do ar externo podem significar um acréscimo razoável na carga térmica do ambiente por infiltração (por frestas) ou renovação principalmente se for muito diferente das condições do ar interno.
  - Geometria dos ambientes.

Ainda para Lamberts, Dutra e Pereira (1997) as estratégias para propiciar o conforto ambiental e a eficiência energética da edificação devem ser consideradas e/ou utilizadas:

- elementos de ventilação;
- elementos de iluminação natural em áreas escuras do edifício, além de que são recomendadas para todos os tipos de microclima, pois promovem conforto lumínico, salubridade e são eficazes na busca pela eficiência energética das edificações;
- sombreamento ou outros elementos para filtragem da radiação direta; proteção solar das fachadas, visando evitar sobre aquecimento das superfícies expostas à insolação direta. A colocação de plantas ao redor da edificação diminuirá a reflexão da

radiação em direção a casa, e evita também que o piso acumule o calor durante o dia e irradie de volta durante a noite;

- uso de materiais que reduzem a entrada de calor nos climas quentes e, ao mesmo tempo, concentrem e mantenham o calor nos climas frios.

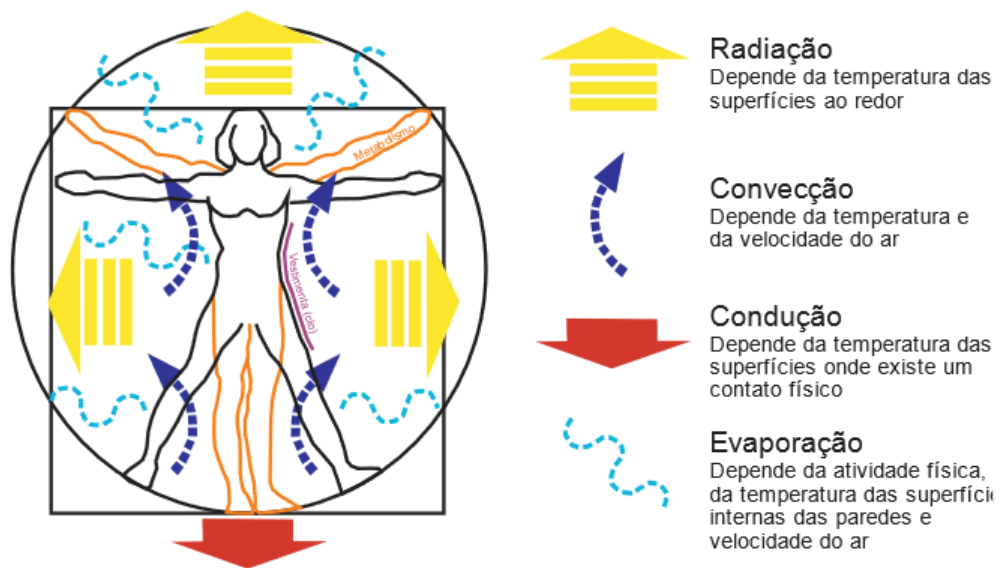
Além de outras técnicas resolvidas no decorrer do desenvolvimento, que buscou-se a adaptação da edificação ao meio em que foi inserida. Para o desenvolvimento foi adotado as estratégias recomendadas pela NBR 15220-3 (ASSOCIAÇÃO...2003).

### 3.4 O CORPO HUMANO

O homem é um animal homeotérmico, ou seja, possui temperatura constante, sendo que o seu bem estar é se sentir termicamente confortável, alcançando um melhor rendimento (FROTA; SCHIFFER, 2001). A temperatura ambiente ideal para o organismo humano está entre 22<sup>o</sup> a 25<sup>o</sup>C, enquanto que a umidade deve ser mantida em trinta a setenta por cento.

A temperatura interna do corpo humano varia entre 35 e 37<sup>o</sup>C, sendo seu limite inferior de 32<sup>o</sup>C e limite superior de 42<sup>o</sup>C. E o calor gerado dissipado está entre 100 w e 1000 w, e pode ser através da pele: perda sensível de calor por convecção e radiação e perda latente de calor por evaporação do suor e por dissipação da umidade da pele. Também é dissipado através da respiração: perda sensível de calor por convecção e por evaporação (LAMBERTS, 2011).





**Figura 18 – Representação esquemática da fisiologia humana e trocas térmicas**  
Fonte: Lamberts, 2011.

### 3.5 COMPORTAMENTO TÉRMICO DA CONSTRUÇÃO

Os materiais de construção têm uma forte influência sobre as condições de conforto do ambiente interior. A especificação dos materiais exige o entendimento de suas propriedades e de sua adequação às características plásticas do projeto. O uso de isolamento térmico ou proteção solar em paredes, janelas e telhadas, o tipo de vidro empregado nas janelas, devem ser estudados a fim de evitar ganhos térmicos excessivos e obter melhorias nas condições de conforto no interior (LAMBERTS; DUTRA ;PEREIRA 1997).

Vários propósitos podem servir de argumento na escolha do tipo de vidro a ser utilizado em uma abertura. Entre eles o controle da radiação solar, que pode ser resumido em:

- admitir ou bloquear a luz natural;
- admitir ou bloquear o calor solar;
- permitir ou bloquear as perdas de calor do interior;
- permitir o contato visual entre interior e exterior.

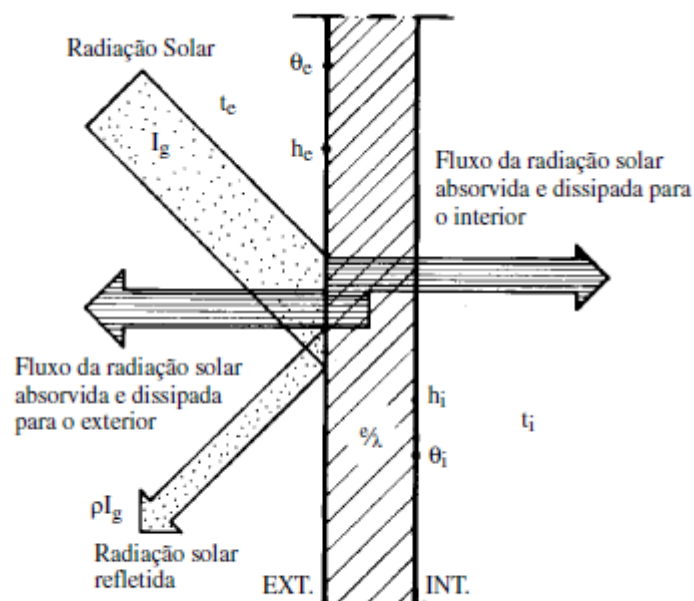
Conforme Frota e Schiffer (2001) os materiais contêm características térmicas que influem nas trocas de calor, sendo assim, determinam o desempenho

térmico do edifício. Sabendo que o sol, reflete sobre o edifício representando sempre um certo ganho de calor, que será a função da intensidade da radiação incidente e das características térmicas dos parâmetros do edifício.

Os elementos da edificação, quando expostos aos raios solares, diretos ou difusos, ambos de radiação de alta temperatura, podem ser classificados como: a) opacas; b) transparentes ou translúcidos.

### 3.5.1 Paredes Opacas

Quando uma parede opaca exposta à radiação solar e sujeita a uma determinada diferença de temperatura entre os ambientes que separa, os mecanismos de trocas podem ser esquematizados como na figura 19.



**Figura 19 - Trocas de calor através de paredes opacas**  
**Fonte: Frota e Schiffer, 2001.**

### 3.5.2 Paredes Transparentes ou Translúcidas

No caso de uma parede transparente ou lúcida exposta à incidência da radiação solar e sujeita a uma determinada diferença de temperatura entre os ambientes que separa, os mecanismos de troca podem ser esquematizados como na figura 20.

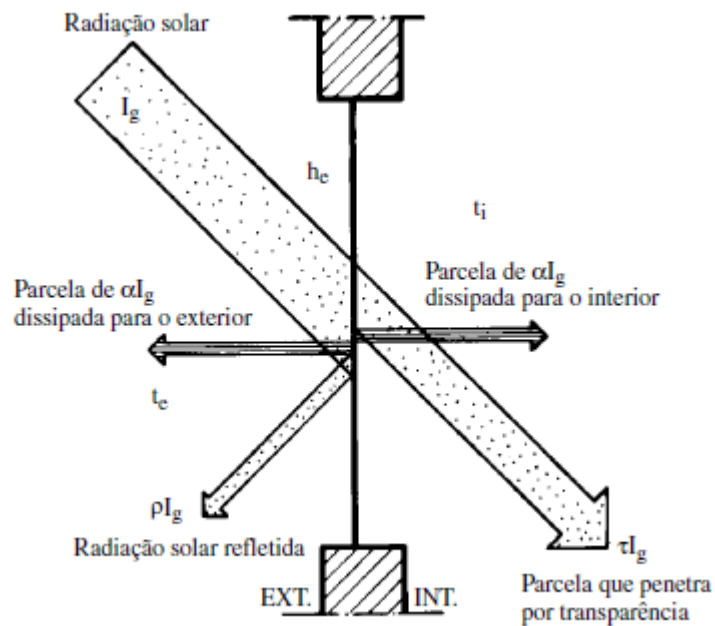


Figura 20 - Trocas de calor através de superfícies transparentes ou translúcidas  
Fonte: Frota e Schiffer, 2001.

### 3.5.3 Elementos de Proteção Solar

O controle da insolação através de elementos de proteção solar – quebra sol – representa um importante dispositivo para o projeto do ambiente térmico.

Pode ser utilizado tanto para a proteção de paredes transparentes ou translúcidas como para o caso de paredes opacas leves (FROTA; SCHIFFER, 2001).

### 3.6 GEOMETRIA SOLAR

Para Lamberts (2011), o conhecimento da geometria solar é fundamental para engenheiros e arquitetos, pois como tem verões quentes com grandes períodos de sol, usa-se o sombreamento a favor, sendo uma estratégia bioclimática. O conhecimento dos movimentos do Sol e da Terra é imprescindível para o entendimento do projeto e suas projeções.

#### 3.6.1 Movimentos da Terra

- Rotação: A rotação ao redor de um eixo Norte-Sul, que passa por seus polos, origina o dia e a noite (figura 21).

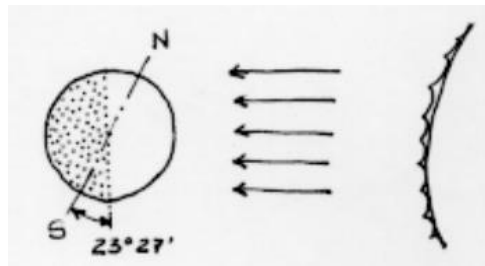


Figura 21 - Rotação da Terra.  
Fonte: Lamberts, 2011.

- Translação ao redor do Sol: a Terra realiza um movimento elíptico ao redor do Sol (figura 22).

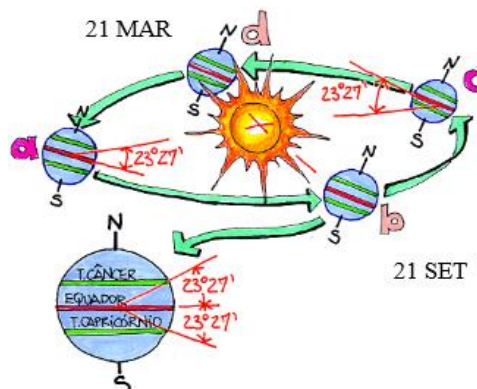


Figura 22 - Translação da Terra ao redor do Sol  
Fonte: Lamberts, 2011.

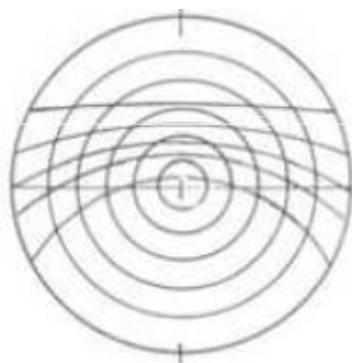
O movimento de translação da Terra ao redor do Sol determina as quatro diferentes estações do ano. O quadro 1 apresenta a data de início destas estações no hemisfério sul, bem como a sua denominação.

Data	Denominação
21 de março	Equinócio de outono
21 de setembro	Equinócio de primavera
21 de junho	Solstício de inverno
21 de dezembro	Solstício de verão

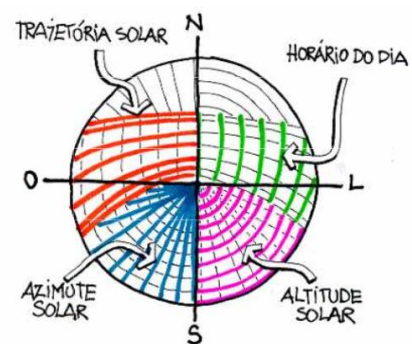
**Quadro 1 - Datas de início das estações do ano para o Hemisfério Sul**  
Fonte: Lamberts, 2011.

### 3.7 DIAGRAMAS SOLARES

Os diagramas ou cartas solares podem ser interpretados como a projeção das trajetórias solares ao longo da abóbada celeste durante todo o ano. Para traçar os diagramas solares, considera-se a Terra fixa e o Sol percorrendo a trajetória diária da abóbada celeste, variando de caminho em função da época do ano, conforme mostra a figura 23. Nela, veem-se os limites da trajetória anual que consistem nos solstícios de inverno de verão, enquanto a linha do meio indica o equinócio.



**Figura 23 - Projeção Estereográfica**  
Fonte: Lamberts, 2011.



**Figura 24 - Informações contidas no diagrama solar**  
Fonte: Lamberts, 2011.

A figura 24 mostra as informações que podem ser lidas no diagrama solar: trajetória solar, hora do dia, altura solar, azimute solar e número de horas de sol.

## 4 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, será apresentado o desenvolvimento do trabalho que foi realizado. Inicialmente foram estudados os aspectos climáticos da cidade de Pato Branco - PR, de suma importância, pois se usou o estudo do clima e do movimento do ar para o entendimento da análise de conforto térmico. Em seguida, o Zoneamento Bioclimático e suas recomendações conforme a NBR 15520-3 (ABNT 2003).

Após isso, a identificação e a localização do terreno e suas observações importantes. Bem como, a apresentação do projeto arquitetônico da residência, apontando seus ambientes e detalhes fundamentais.

### 4.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS DA CIDADE DE PATO BRANCO

O estudo do clima local inicialmente se dá com o levantamento sobre a intensidade de ventos, temperaturas e a umidade ao longo do ano. Para cada situação que foi analisada, podem-se aplicar certas estratégias arquitetônicas.

Segundo a classificação climática de Köppen – Geiger, em que essa classificação é considerada a sazonalidade, os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação, indicando para cada tipo climático um código. Pato Branco - PR se classifica no tipo climático Cfa como mostra a figura 25 e 26.



Figura 25 - Classificação Climática de Köppen  
Fonte: Conceição (2012).



**Figura 26 - Classificação Climática de Köppen**  
 Fonte: Adaptado de: IAPAR, 2015.

Para a elaboração deste estudo foram fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná - SIMEPAR e também pelo Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, dados climatológicos de Pato Branco, em que apresenta um clima tipicamente subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo de todo ano, apresentando perceptivelmente o verão, outono, inverno e primavera.

De acordo com tabela 1 pode-se perceber que a temperatura média do mês mais quente é em janeiro em  $25,1^{\circ}\text{C}$ , temperatura média do mês mais frio  $14,3^{\circ}\text{C}$  e possui uma média anual de pluviosidade de 2073 mm.

**Tabela 1 - Dados Climatológicos para Pato Branco (1979-2012)**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura Máxima absoluta ( $^{\circ}\text{C}$ )	34,0	35,0	3,6	32,6	29,8	27,2	28,2	32,0	35,2	33,8	36,7	36,6	36,7
Temperatura máxima Média ( $^{\circ}\text{C}$ )	28,8	28,4	28,1	25,5	21,8	20,4	20,5	22,88	23,5	25,7	27,5	28,4	25,1
Temperatura Mínima média ( $^{\circ}\text{C}$ )	18,1	18,1	17,1	14,9	11,6	10,5	9,9	11,3	12,2	14,7	15,9	17,4	14,3
Temperatura mínima absoluta ( $^{\circ}\text{C}$ )	9,8	8,0	3,6	0,8	-0,2	-3,8	-4,0	-3,5	-1,0	1,6	6,0	6,2	-4,0
Precipitação (mm)	187	174	132	185	192	159	144	116	167	251	181	186	2073

Fonte: IAPAR, 2015.



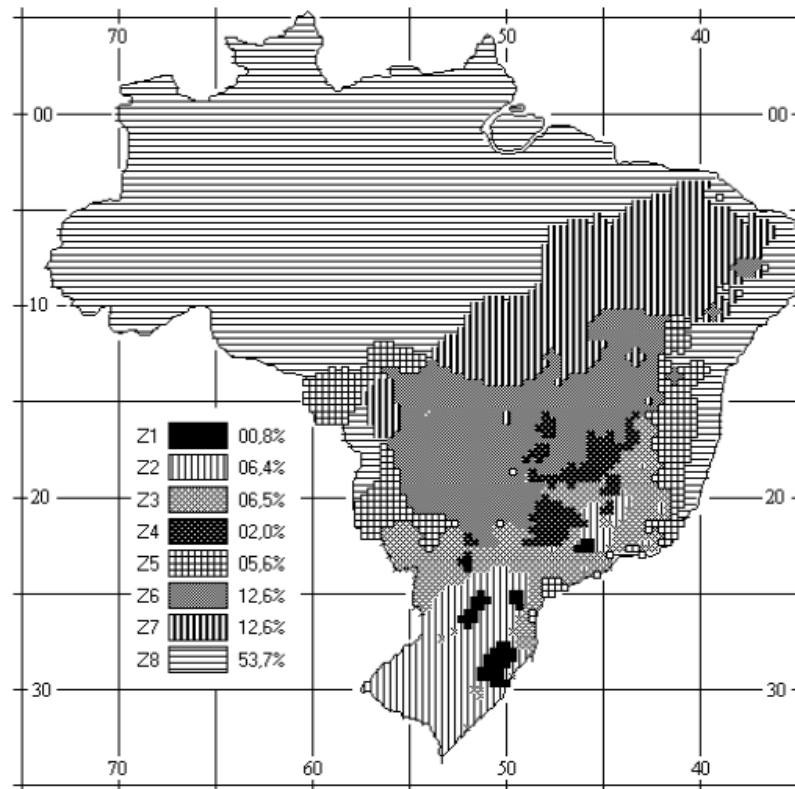
Quanto aos ventos, Pato branco está sob a influência, principalmente, dos ventos nas direções Sudeste e Sul e velocidade média de 10 km/h nas diversas direções. Pato Branco tem elevada percentagem de umidade relativa do ar em quase todos os meses do ano, sendo algo em torno de 74% atingindo o valor máximo de 90% no mês de junho de 2005. E o índice de insolação média varia entre 2000 a 2400 horas ano (TABALIPA; FIORI, 2008).

#### 4.2 NBR 15220 – DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES DE INTERESSES SOCIAL

A NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações (ASSOCIAÇÃO... 2003) foi utilizada por tratar-se da referência de normalização quanto ao conforto térmico existente no país atualmente. Sendo ela dividida em cinco partes:

- Parte 1: Definições, símbolos e unidades de termos relacionados com o desempenho térmico de edificações;
- Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;
- Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;
- Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

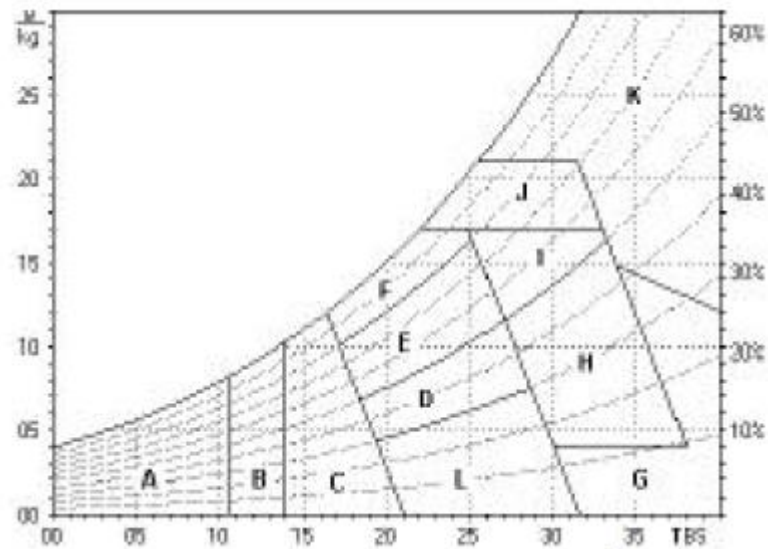
Deste modo, foi utilizada a parte 3 para o desenvolvimento do trabalho. A Norma estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro onde abrange um conjunto de recomendações e estratégias construtivas. O Zoneamento Bioclimático Brasileiro compreende oito diferentes zonas, como mostra a figura 27.



**Figura 27 - Zoneamento bioclimático brasileiro.**  
**Fonte: NBR 15220 (parte 3), 2003.**

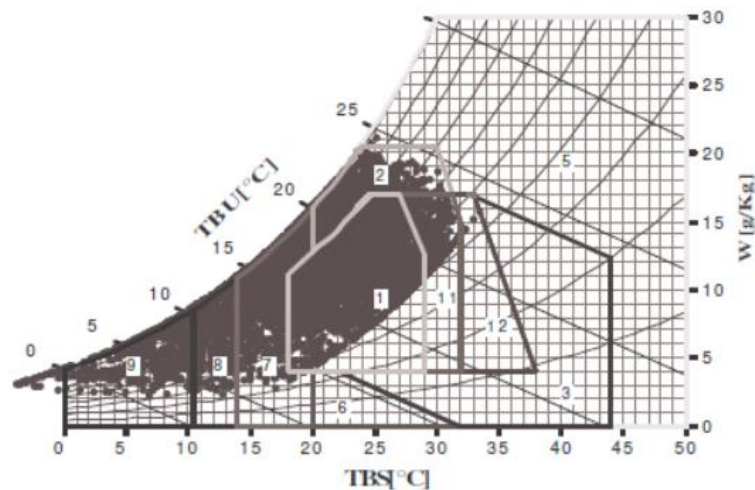
Percebe-se na figura 28, a zona 8 é a de maior abrangência com 53,7% do território brasileiro, e na zona 2 com 6,4% onde se encontra a cidade de Pato Branco- PR.

A Norma recomenda estratégias para cada zona bioclimática, sendo considerados parâmetros e condições de contorno, como o tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura) e estratégias de condicionamento térmico passivo. Para isso utiliza-se a Carta Bioclimática sugerida por Givoni (figura 28)



**Figura 28 - Carta Bioclimática**  
**Fonte: NBR 15220 (parte 3), 2003.**

Através de dados coletados por estações meteorológicas da SIMEPAR entre os anos de 2000 e 2002, Lobo (2004) desenvolveu uma carta bioclimática da cidade de Pato Branco, representada na figura 29.



**Figura 29 - Carta Bioclimática de Pato Branco**  
**Fonte: Lobo, 2004.**

Pode-se observar que as maiorias dos pontos estão localizadas nas zonas 1, 2, 7, 8 e 9, isto é, o aquecimento nos ambientes é necessário.

O quadro possui o seguinte detalhamento das estratégias de condicionamento térmico, onde especifica que para a estação no Verão é recomendado ventilação e para Inverno, o aquecimento solar da edificação e

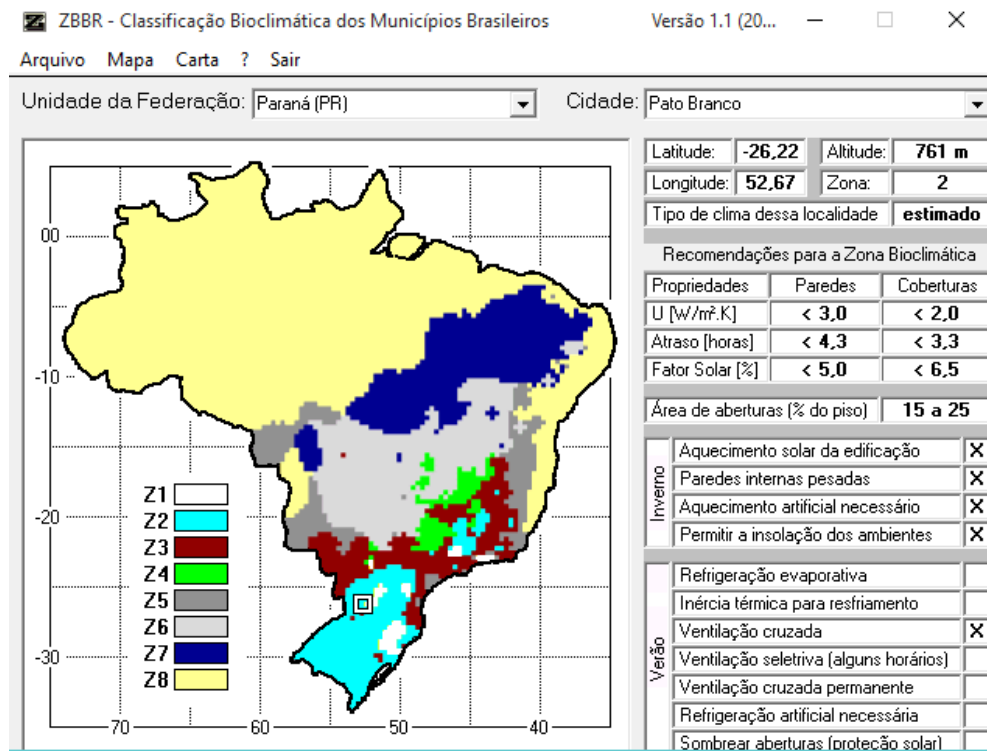
vedações internas pesadas, e diz, ainda, que o condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.

Estratégia	Características	Detalhamento das Estratégias
I + J	Zona de ventilação	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada.
B	Zona de aquecimento solar da edificação	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	Zona de massa térmica para aquecimento	A adoção de paredes internas pesadas por contribuir para manter o interior da edificação aquecido.

**Quadro 2 - Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico para Zona 2**  
**Fonte: Adaptado de: NBR 15220 (parte 3), anexo C, tabela C.2, 2005.**

O programa ZBBR desenvolvido por Roriz (2004) junto à UFSCAR faz a classificação bioclimática dos municípios brasileiros e traça as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social indicadas pela NBR 15220 – 3 (ABNT, 2003).

A figura 30 representa a classificação bioclimática para a cidade de Pato Branco – PR, apresentando as diretrizes construtivas em relação às aberturas, parede e coberturas.



**Figura 30 - Classificação Bioclimática de Pato Branco – PR**  
 Fonte: ZBBR (LABEEE, 2009).

Quanto às aberturas para ventilação e sombreamento, a norma recomenda aberturas médias para ventilação, que seriam entre 15% e 25% da área de piso e que o sombreamento das aberturas permita o sol durante o inverno.

Quanto ao tipo de vedações externas, a norma recomenda paredes leves e coberturas leves isoladas.

**Tabela 2 - Transmitância térmica, atraso térmico e fatores solares admissíveis para vedações externas.**

Vedações Externas		Transmitância térmica - U W/m <sup>2</sup> . K	Atraso térmico - φ Horas	Fator Solar – FS <sub>0</sub> %
Paredes	<b>Leve</b>	<b>U ≤ 3,00</b>	<b>φ ≤ 4,3</b>	<b>FS<sub>0</sub> ≤ 5,0</b>
	Leve Refletora	U ≤ 3,60	φ ≤ 4,3	FS <sub>0</sub> ≤ 4,0
	Pesada	U ≤ 2,20	φ ≤ 6,5	FS <sub>0</sub> ≤ 3,5
Coberturas	<b>Leve isolada</b>	<b>U ≤ 2,00</b>	<b>φ ≤ 3,3</b>	<b>FS<sub>0</sub> ≤ 6,5</b>
	Leve Refletora	U ≤ 2,30.FT	φ ≤ 3,3	FS <sub>0</sub> ≤ 6,5
	Pesada	U ≤ 2,00	φ ≤ 6,5	FS <sub>0</sub> ≤ 6,5

1 As aberturas efetivas para ventilação são dadas em percentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar).

2 No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto telhado mais ático mais forro), a transmitância térmica deve ser verificada para fluxo descendente.

3 O termo "ático" refere-se à câmara de ar existente entre o telhado e o forro.

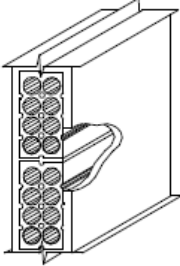
Fonte: Adaptado de: NBR 15220 (parte 3), anexo C, tabela C.2, 2003.

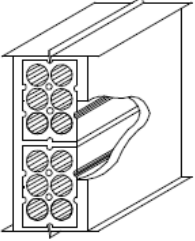
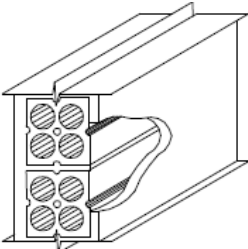
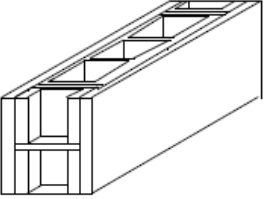
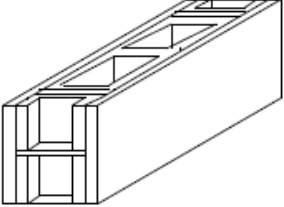
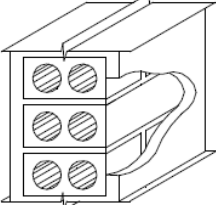
Nesta Norma, são apresentados os valores de transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico de alguns tipos de paredes e coberturas. Estas propriedades tem grande influência no desempenho térmico da edificação e podem ser definidas como:

- Transmitância térmica é o fluxo de calor que atravessa a parede ou vidro da edificação, medida em  $W/(m^2.K)$ ; ( $k$ =condutividade térmica)
- Capacidade térmica é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade de temperatura de um sistema, sendo sua unidade de medida J/K;
- Atraso térmico é definido como o “tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor”, medido em horas (ABNT,2003).
- Fator Solar – FS é um índice utilizado para avaliar a capacidade de sombreamento de uma abertura. O Coeficiente de Ganho de Calor Solar (Solar Heat Gain Coefficient – SHGC) é definido como sendo a fração de calor solar, adquirida através de uma abertura (vidros e esquadrias), diretamente transmitida, mais a porção absorvida que é posteriormente retransmitida para o interior do ambiente (ASHRAE, 2004).

A tabela 3 e 4 apresentam os tipos de vedações externa que se encaixariam nas recomendações da Norma:

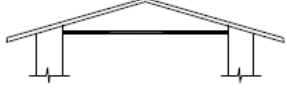
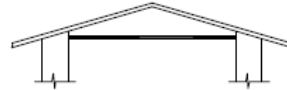
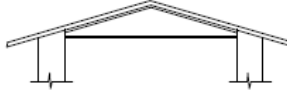

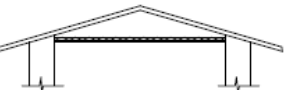
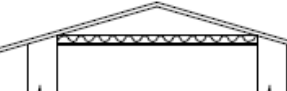
**Tabela 3 - Paredes Leves**

Parede	Descrição	U [ $W/(m^2.K)$ ]	CT [ $Kj/m^2.K$ ]	$\phi$ [horas]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,00	32	1,3

	<p>Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão          Dimensões do tijolo:          10,0x15,0x20,0 cm          Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm          Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm          Espessura total da parede: 15,0 cm</p>	2,28	168	3,7
	<p>Parede de 4 furos circulares, Dimensões do tijolo: 9,5x9,5x20,0 cm          Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm          Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm          Espessura total da parede: 14,5 cm</p>	2,49	186	3,7
	<p>Parede de blocos cerâmicos de 3 furos          Dimensões do bloco:          13,0x28,0x18,5 cm          Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm          Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm          Espessura total da parede: 18,0 cm</p>	2,43	192	3,8
	<p>Parede de blocos cerâmicos de 2 furos          Dimensões do bloco:          14,0x29,5x19,0 cm          Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm          Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm          Espessura total da parede: 19,0 cm</p>	2,45	203	4
	<p>Parede de tijolos com 2 furos circulares,          Dimensões do tijolo:          12,5x6,3x22,5 cm          Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm          Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm          Espessura total da parede: 17,5 cm</p>	2,43	220	4,2

Fonte: Adaptado de: NBR 15220 (parte 3), anexo C, tabela C.2, 2005.

Tabela 4 - Coberturas Leves Isoladas

Cobertura	Descrição	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	CT [Kj/m <sup>2</sup> .K)]	∅ [horas]
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,24	167	3,7
	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	25	1,3
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira. Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,11	32	2
	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira. Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,16	25	2
	Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,95	33	2,3
	Cobertura de telha de barro com 5,0 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,62	34	3,1

1 As transmitâncias térmicas e os atrasos térmicos das coberturas são calculados para condições de verão (fluxo térmico descendente)

2 Deve-se atender que, apesar da semelhança entre a transmitância térmica da cobertura com telhas de barro e aquela com telhas de fibrocimento, o desempenho térmico proporcionado por estas duas coberturas é significativamente diferente pois as telhas de barro são porosas e permitem a absorção de água (de chuva ou de condensação). Este fenômeno contribui para a redução do fluxo de calor para o interior da edificação, pois parte deste calor será dissipado no aquecimento e evaporação da água contida nos poros da telha. desta forma, sugere-se a utilização de telhas de barro em seu estado natural, ou seja, isentas de quaisquer tratamentos que impeçam a absorção de água.

Fonte: Adaptado de: NBR 15220 (parte 3), anexo C, tabela C.2, 2005.



### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DO TERRENO E DO PROJETO

O terreno de implantação encontra-se na cidade de Pato Branco no estado do Paraná como mostra a figura 31.



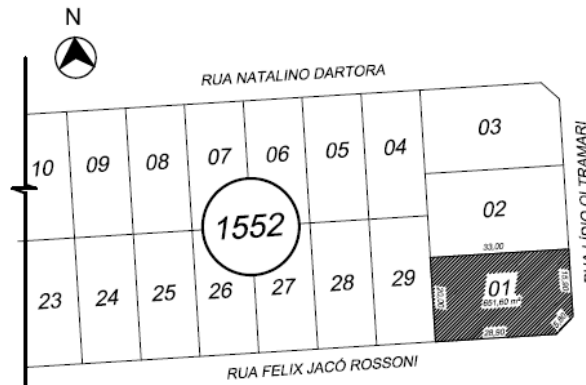
**Figura 31 - Localização do município Pato Branco no estado do Paraná**  
**Fonte: Adaptado de: Tabalipa e Fiori, 2008.**

Inicialmente conheceu-se o terreno em estudo, identificando o projeto arquitetônico da edificação, localizado no Bairro Fraron (figura 32).



**Figura 32 - Localização do terreno na cidade de Pato Branco - PR**  
**Fonte: Adaptado do Google Earth, 2015.**

O lote fica na Rua Lídio Oltramari Esquina com Feliz Jacó Rossoni na quadra 1552, lote 01 (figura 33).



**Figura 33 - Planta de Situação**  
Fonte: IPPUPB, 2015.

Por ser um terreno de esquina e um loteamento novo, não possui muitas obstruções no seu entorno. Esta área favorece o conceito fundamental do projeto: a busca das estratégias de conforto, pois possui grande potencial para o aproveitamento da energia solar e para aplicação da ventilação cruzada. Pode-se perceber isto na figura 34.



**Figura 34 - Localização do terreno no Bairro Fraron**  
Fonte: Adaptado do *Google Earth*, 2015.

#### 4.4 O PROJETO ARQUITETÔNICO

A área residencial unifamiliar é de 250 m<sup>2</sup> para quatro pessoas. Esta residência contém no primeiro pavimento (figura 35): copa/cozinha, lavanderia, sala de jantar, lavabo, sala de estar, garagem, e no segundo pavimento (figura 36): dois quartos, bwc, suíte e closet.

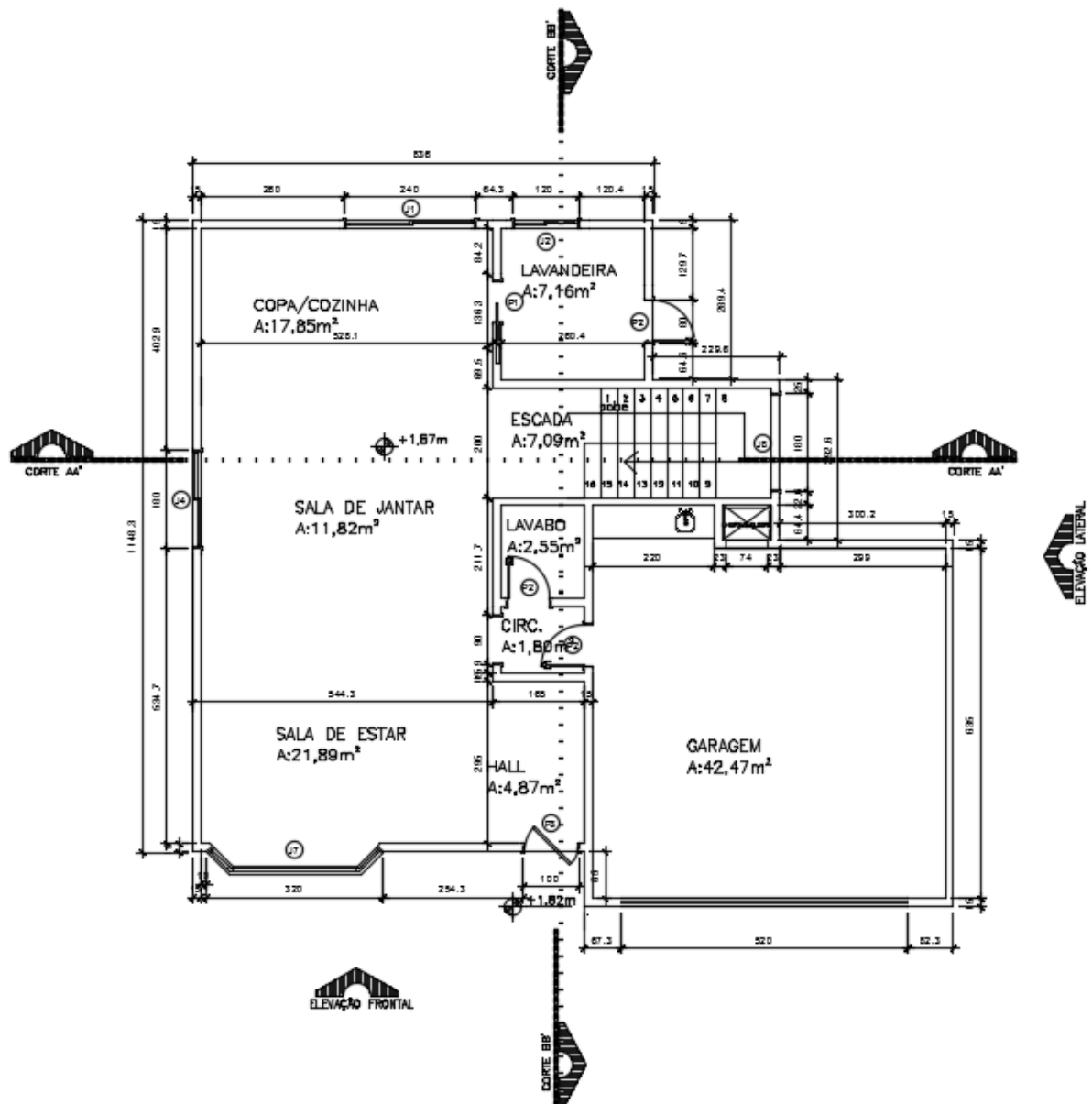


Figura 35 - Planta Pavimento Térreo  
Fonte: Autoria Própria, 2015.

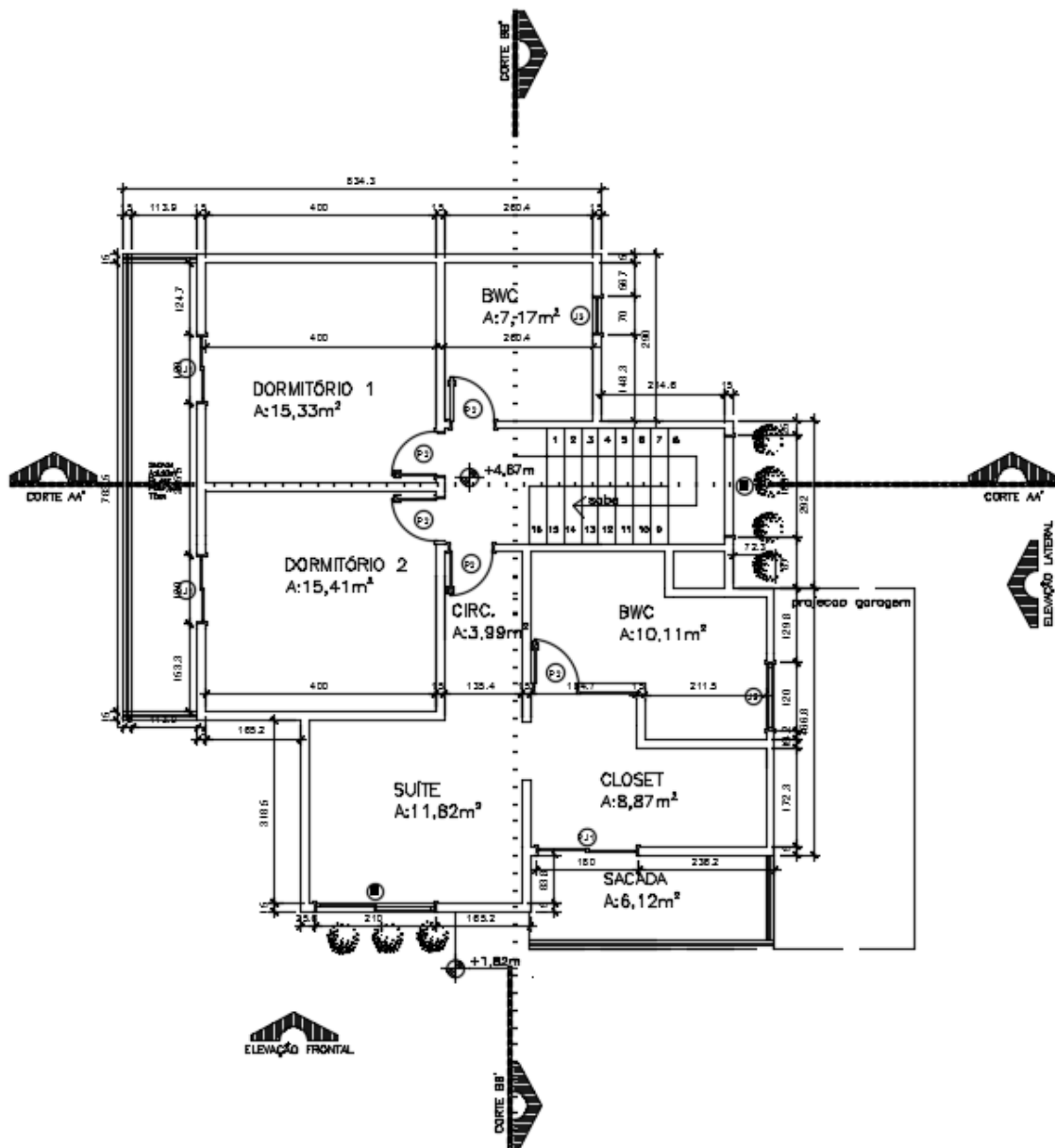
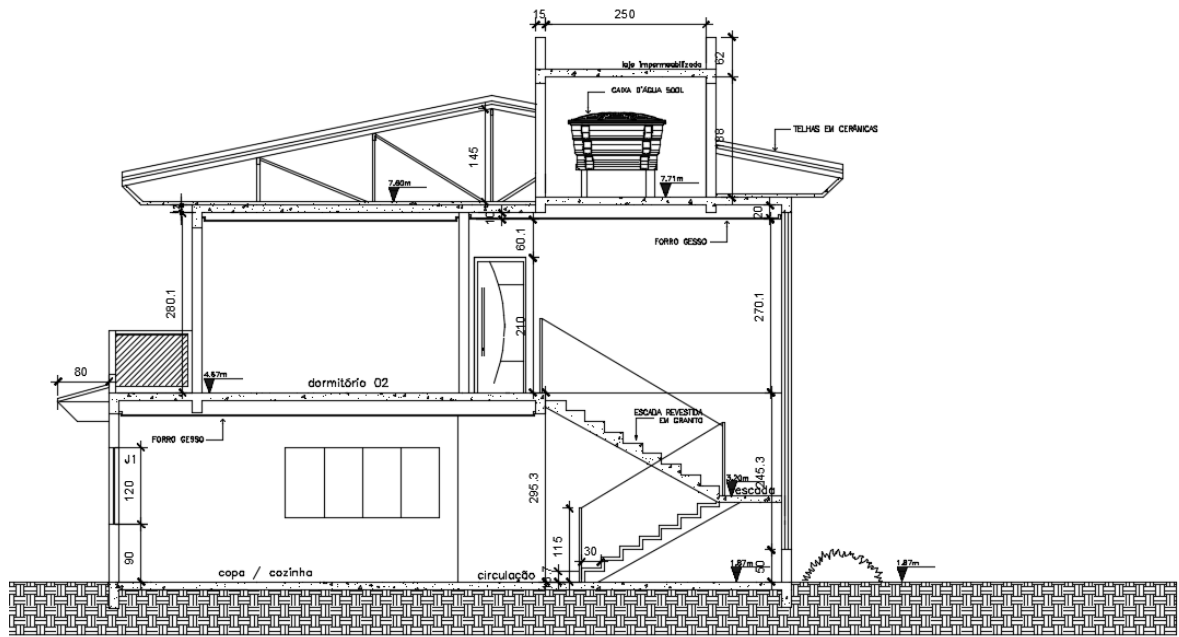


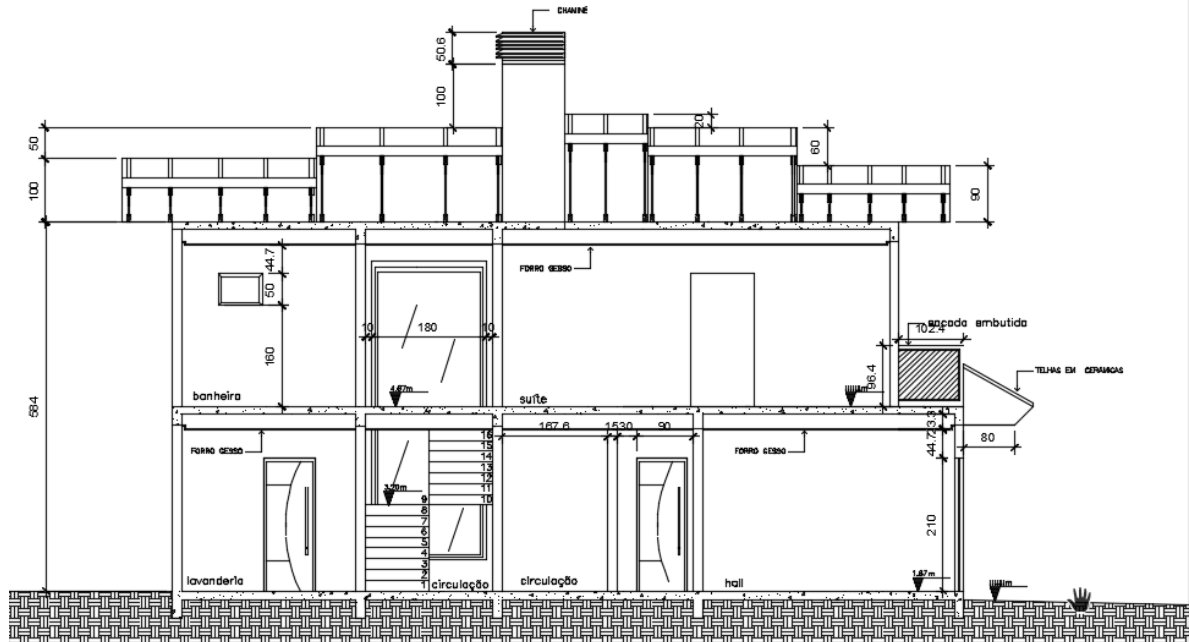
Figura 36 - Planta Pavimento Superior  
Fonte: Autoria Própria, 2015.

O sistema construtivo é de alvenaria convencional, para a cobertura, a telha cerâmica (figura 37); Para o piso, um revestimento impermeável e porcelanato; Nas paredes internas, reboco e pintura de cor clara para maximização do aproveitamento da iluminação natural. Para as paredes externas, reboco e pintura, e alguns detalhes com revestimento de pedras (figura 39). As esquadrias especificadas constituíram em basculante, de correr, e uma *bay window*.



CORTE AA'  
ESCALA: 1/50

**Figura 37 - Corte AA'**  
Fonte: Autoria Própria, 2015.



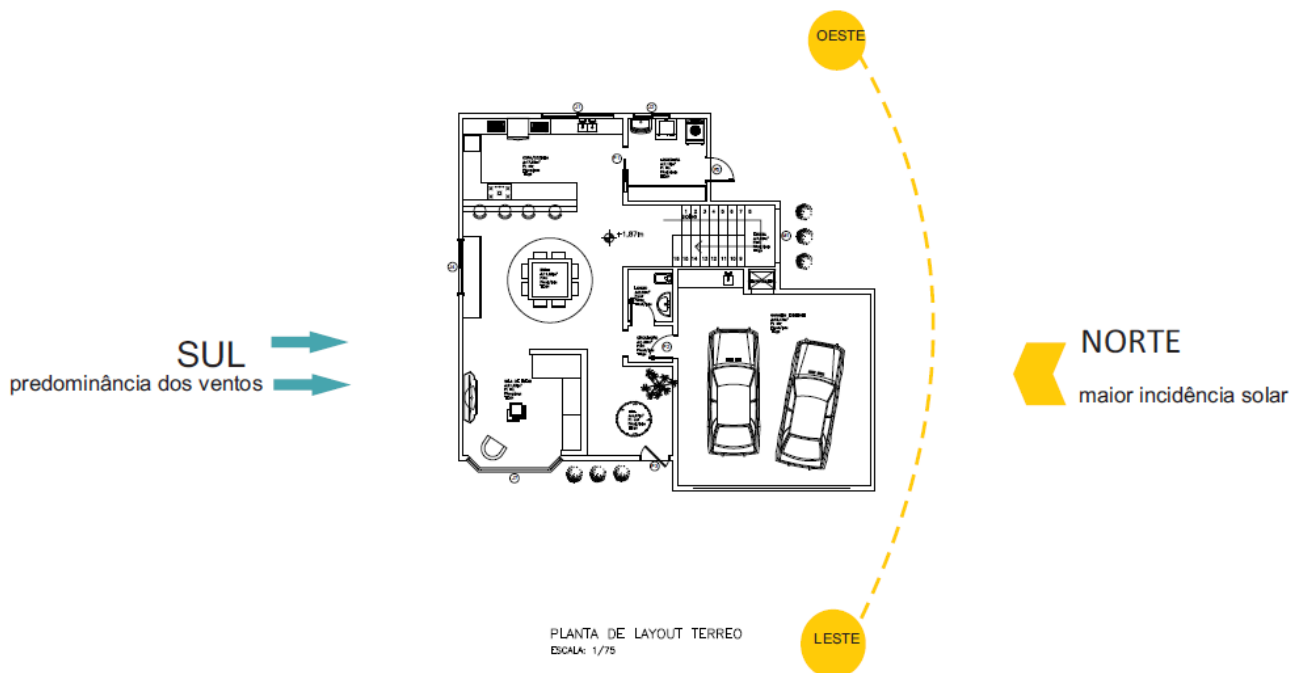
CORTE BB'  
ESCALA: 1/50

**Figura 38 - Corte BB'**  
Fonte: Autoria Própria, 2015.

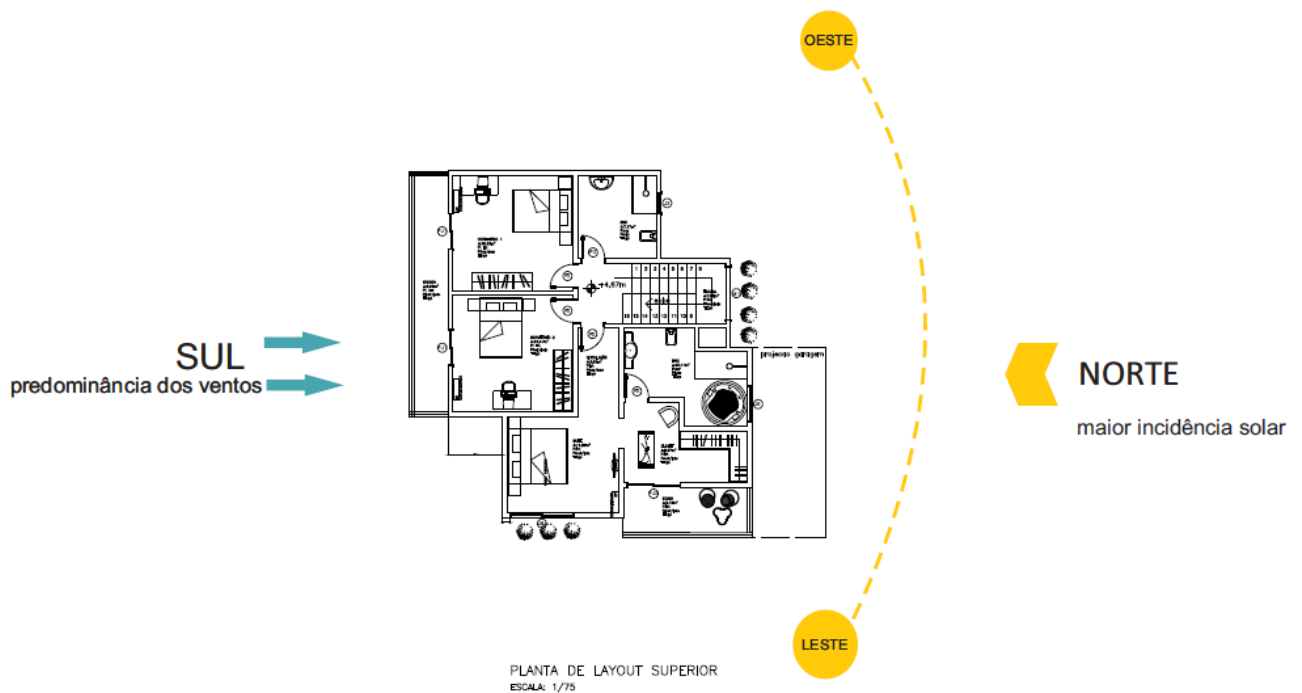


**Figura 39 - Elevação Frontal**  
**Fonte: Autoria Própria, 2015.**

Para o estudo do projeto, as plantas de layout (figuras 40 e 41) representam a trajetória solar e a predominância dos ventos vindos do sul.



**Figura 40 - Planta Layout Térreo**  
**Fonte: Autoria Própria, 2015.**



**Figura 41 - Planta Layout Superior**  
**Fonte: Autoria Própria, 2015.**

#### 4.5 CARTA SOLAR PARA PATO BRANCO

Segundo *Google Earth 2015*, o Bairro Fraron está situado em  $26^{\circ}12'$  de latitude sul e apresenta longitude de  $52^{\circ}41'$  oeste, com 807 m acima do nível do mar.

As cartas solares elaboradas são utilizadas para determinar o ângulo de incidência do sol sobre uma superfície específica e consistem na representação gráfica das trajetórias aparentes do Sol, projetadas no plano do horizonte do observador para cada latitude específica (FROTA; SCHIFFER, 2001). Na figura 42 é apresentada a carta solar para a latitude de Pato Branco  $26^{\circ}$  Sul, utilizando o *software Analysis SOL-AR* desenvolvida por Roberto Lamberts, Alexandra Albuquerque Maciel e Edson Ono (UFSC - LABEEE, 2009).

É muito importante o posicionamento do edifício em relação às trajetórias solares e o quanto de radiação solar. Para isso, foi realizada uma simulação no *software Analysis SOL-AR* da incidência solar nas orientações pretendidas para o projeto. Dessa forma, foi possível identificar as horas de maior incidência da luz solar nos solstícios de inverno e de verão. A análise da geometria da luz solar em

relação à distribuição ao longo das horas e aos indicativos da radiação solar possibilitou o diagnóstico das estratégias do projeto.

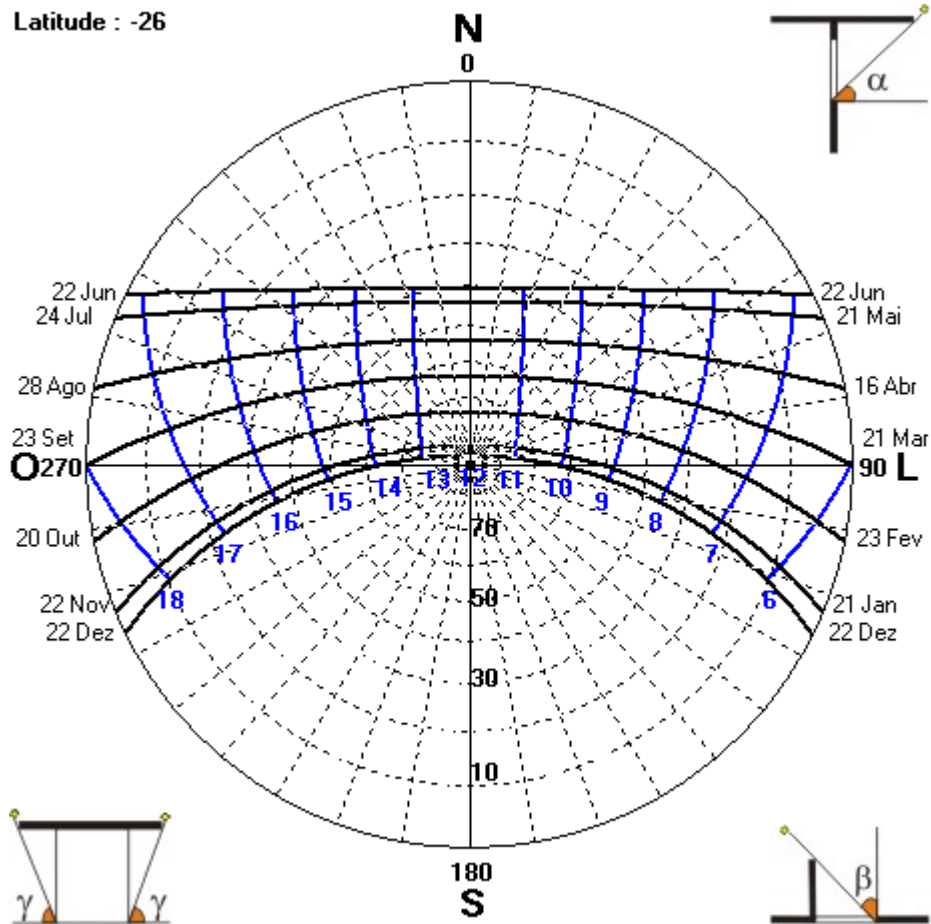


Figura 42 - Carta Solar para latitude 26S (Pato Branco - PR)  
Fonte: Autoria Própria, 2015.

Observando a Figura 42 é possível verificar grande incidência de radiação solar no verão em Pato Branco, chegando a 14 horas de exposição solar no solstício de verão, quando a radiação solar incide das 5 às 19 horas do dia. No solstício de inverno a incidência ocorre das 7 às 17 horas, totalizando apenas 10 horas de exposição solar.

Para um melhor entendimento a imagem abaixo mostra o caminho que sol faz ao longo do dia, apresentando também as diferenças entre o inverno e o verão.



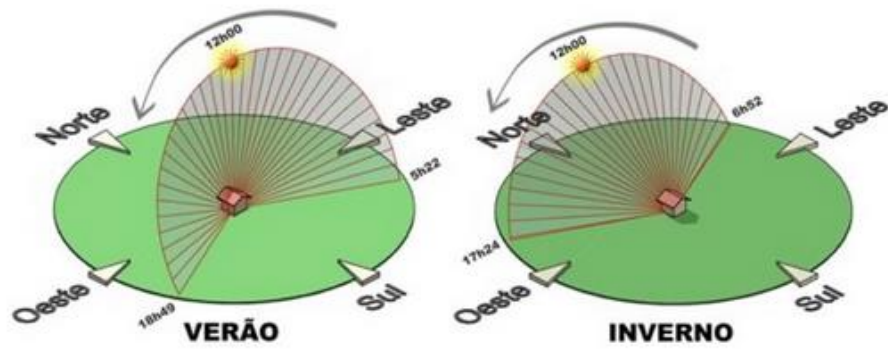


Figura 43 - Posição do Sol no verão e inverno  
Fonte: 44 arquitetura, 2015.

Os “leques” representam a trajetória aparente do sol ao longo dia, no solstício de verão e no de inverno.

## 5 RESULTADOS

Neste capítulo foram desenvolvidas as análises de conforto térmico proposta para o projeto. Uma vez que, tem – se as recomendações para a zona bioclimática 2, pode–se realizar os resultados quanto aos principais elementos do clima a serem controlados para que as condições ambientais se enquadrem nos parâmetros de conforto térmico, em geral:

- Em relação à temperatura, reduzir a produção de calor (diminuição da temperatura);
- Em relação à ventilação, aumentar seu movimento;
- Em relação à radiação, minimizar sua absorção, porém no inverno a incidência adequada para o aquecimento.

Serão apresentados: a análise de incidência solar do projeto da residência utilizando o *software Analysis SOL - AR*, a análise de ventilação cruzada utilizando o *software FluxoVento*, a análise das aberturas da edificação quanto às exigências da NBR 15220-3 (ABNT, 2003).

### 5.1 ANÁLISE DAS CARTAS SOLARES

A carta solar é uma ferramenta bastante útil para o projeto, pois diz a posição exata do sol num determinado momento, informação fundamental para se saber, por exemplo, se o sol vai penetrar por uma abertura, se vai ser sombreado por uma edificação vizinha e se deve ou não, ser sombreado por proteções solares para determinada orientação.

Para as cartas solares serem determinadas, o ângulo de orientação deve ser bem definido, ou seja, o ângulo formado entre o norte verdadeiro e a normal a face em estudo no sentido horário (MARQUES, 2010).

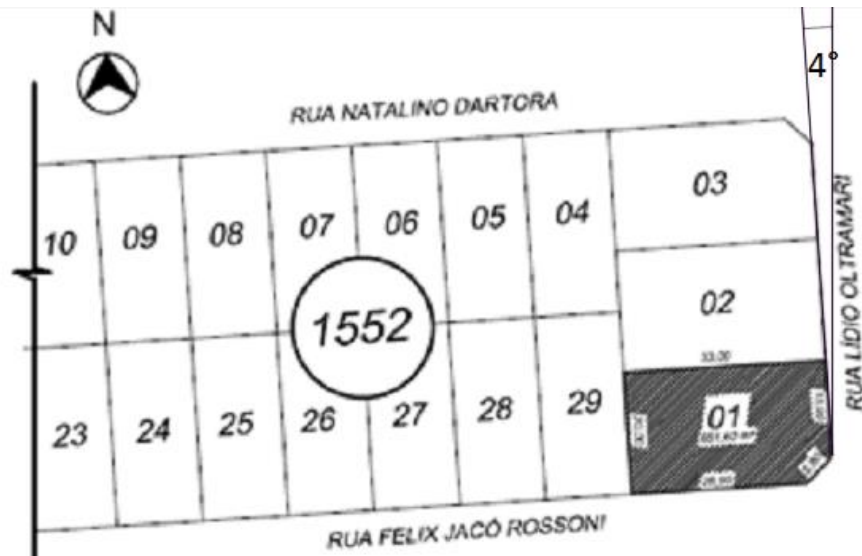


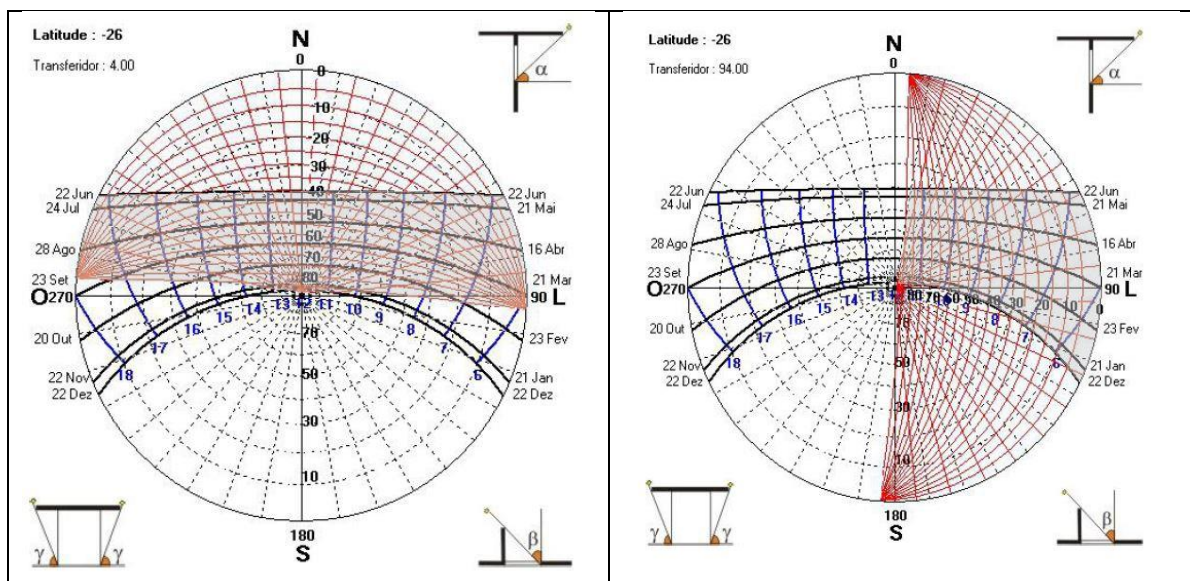
Figura 44 - Ângulo formado entre o norte verdadeiro e o terreno  
Fonte: IPPUB

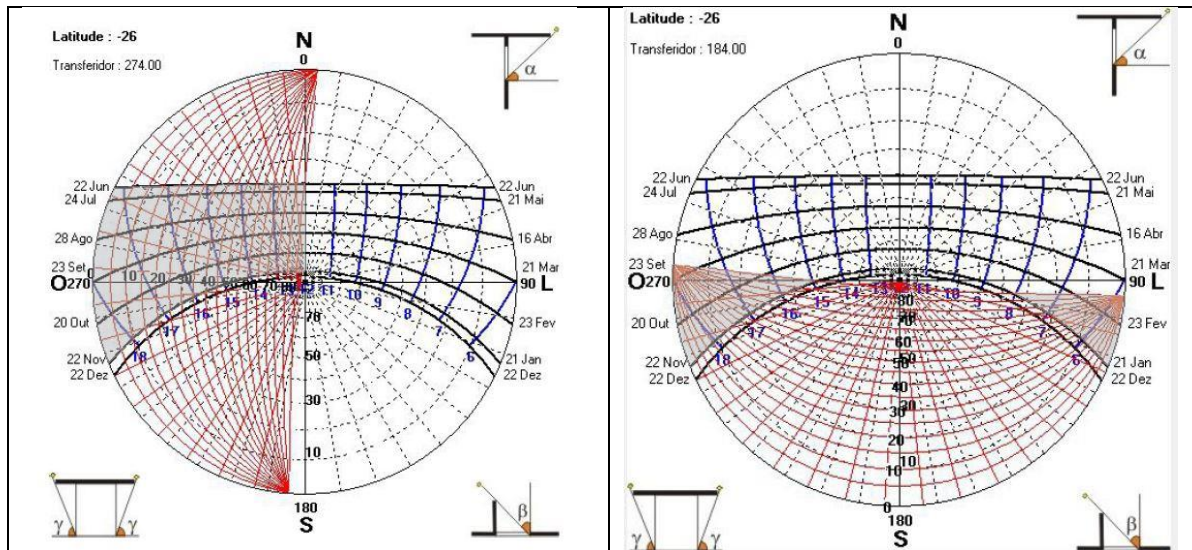
Como se percebe na figura 44 há uma diferença de  $4^{\circ}$  entre o norte e o terreno do projeto em estudo. Portanto, a linha base do transferidor solar vai estar a  $4^{\circ}$ , ou seja, paralela à face em estudo. Sendo assim para cada face possui uma orientação (tabela 5):

Tabela 5 - Orientação de cada face em estudo

Face em Estudo	Orientação
Norte	$4^{\circ}$
Leste	$94^{\circ}$
Sul	$184^{\circ}$
Oeste	$274^{\circ}$

Fonte: Autoria Própria, 2015.





**Figura 45 - Cartas Solares do Terreno com inclinação de  $4^{\circ}$  em relação ao Norte**  
**Fonte: Aurtoria Própria, 2015.**

#### **Fachada Oeste:**

- Equinócios: Insolação do meio dia ao pôr do sol
- Solstício de Inverno: Insolação do meio dia ao pôr do sol
- Solstício de Verão: Insolação 11:50h ao pôr do sol

#### **Fachada Leste:**

- Equinócios: Insolação do nascer do sol às 11:45h.
- Solstício de Inverno: Insolação do nascer do sol às 11:30h.
- Solstício de Verão: Insolação do nascer do sol ao meio dia.

#### **Fachada Sul:**

- Equinócios: não tem insolação em nenhum horário.
- Solstício de inverno: não tem insolação em nenhum horário.
- Solstício de Verão: insolação do nascer do sol até as 9:00h, e das 14:00h ao pôr do sol.

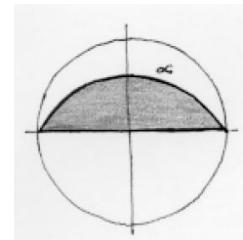
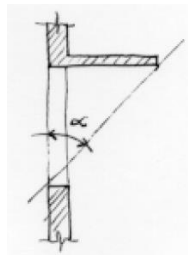
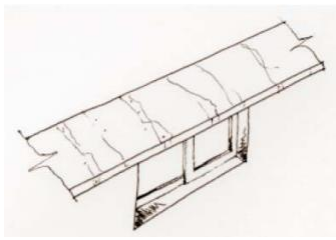
#### **Fachada Norte:**

- Equinócios: insolação o dia inteiro
- Solstício de inverno: insolação o dia inteiro
- Solstício de verão: não tem insolação em momento algum.

### 5.1.1 Tipos de proteções solares

Para projetar proteções solares, deve se saber o tipo de mascaramento que se deseja ter.

Brise horizontal infinito: O traçado do mascaramento proporcionado por este brise é determinado em função do ângulo  $\alpha$  (figura 46).



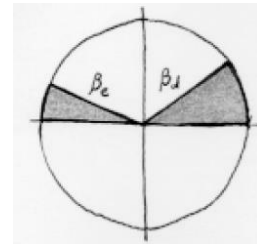
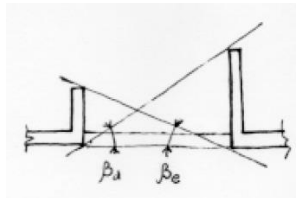
corte

Mascaramento proporcionado pelo brise horizontal infinito

Figura 46 - Brise horizontal infinito

Fonte: Lamberts, 2011.

Brise vertical infinito: o traçado do mascaramento proporcionado por este brise é determinado pelo ângulo  $\beta$  (figura 47).



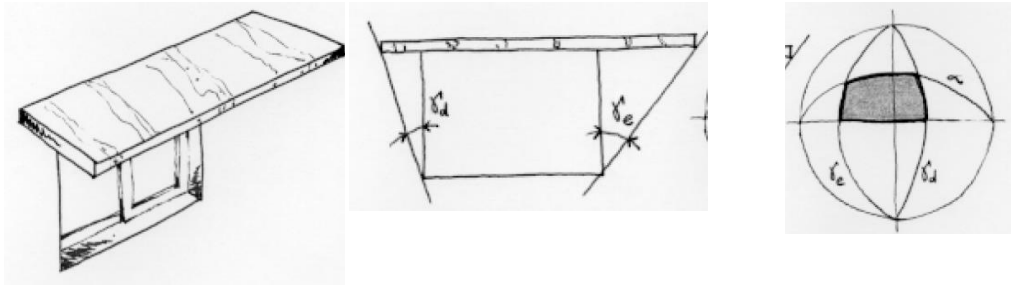
planta

Mascaramento proporcionado pelo brise vertical infinito

Figura 47 - Brise vertical infinito

Fonte: Lamberts, 2011

Brise horizontal finito: este tipo de brise tem a sua eficiência limitada, pois a sua projeção lateral é limitada pelos ângulos  $\gamma$  (figura 48).

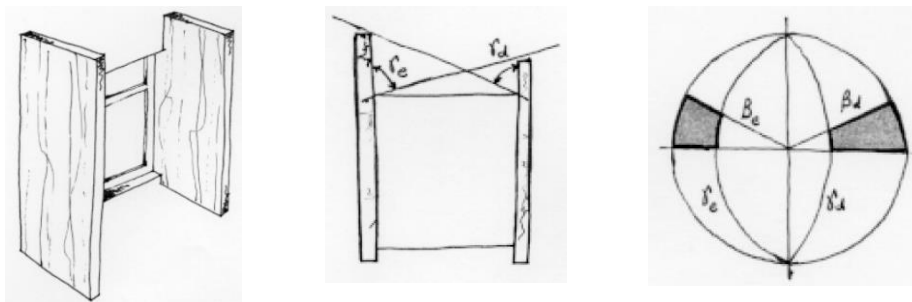


vista

Mascaramento  
proporcionado pelo  
brise vertical finito

Figura 48 - Brise horizontal finito  
Fonte: Lamberts, 2011

- Brise vertical finito: para este brise vertical o sombreamento produzido pelos ângulos  $\beta$  será limitado pelos ângulos  $\gamma$  (figura 49).



planta

Mascaramento proporcionado pelo  
brise vertical finito

Figura 49 - Brise vertical finito  
Fonte: Lamberts, 2011

Para este trabalho, foi utilizado apenas o ângulo  $\alpha$ , ou seja, foi calculado o mascaramento do beiral do projeto. Para o ângulo  $\beta$  e  $\gamma$  não foram calculados.

### 5.1.2 Cálculo do Ângulo $\alpha$

Para achar ângulo  $\alpha$  foi necessário saber o parapeito de cada janela e foi utilizado o pé direito de 280 cm para este projeto. Por exemplo, para a janela 1:

- Pé direito menos o parapeito  
 $280 - 90 = 190$  cm

- Para descobrir a hipotenusa pela fórmula de Pitágoras:

$$\sqrt{190^2 + 80^2} = 206,2 \text{ cm}$$

- Logo, pelo cateto oposto, descobriu-se o ângulo:

$$\cos^{-1} \frac{80}{206,15} = 67,16^\circ$$

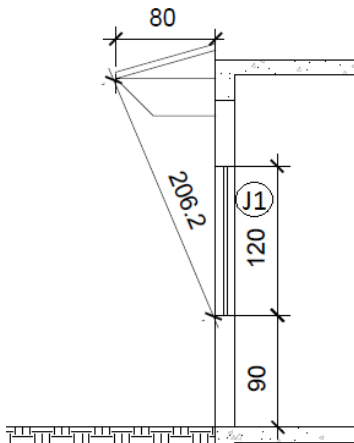


Figura 50 - Corte da Janela 1  
Fonte: Autoria Própria, 2015.

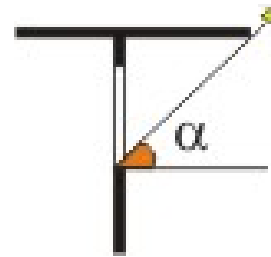


Figura 51 - Ângulo  $\alpha$   
Fonte: Fonte: *Analysis SOL –AR* (LABEEE, 2009).

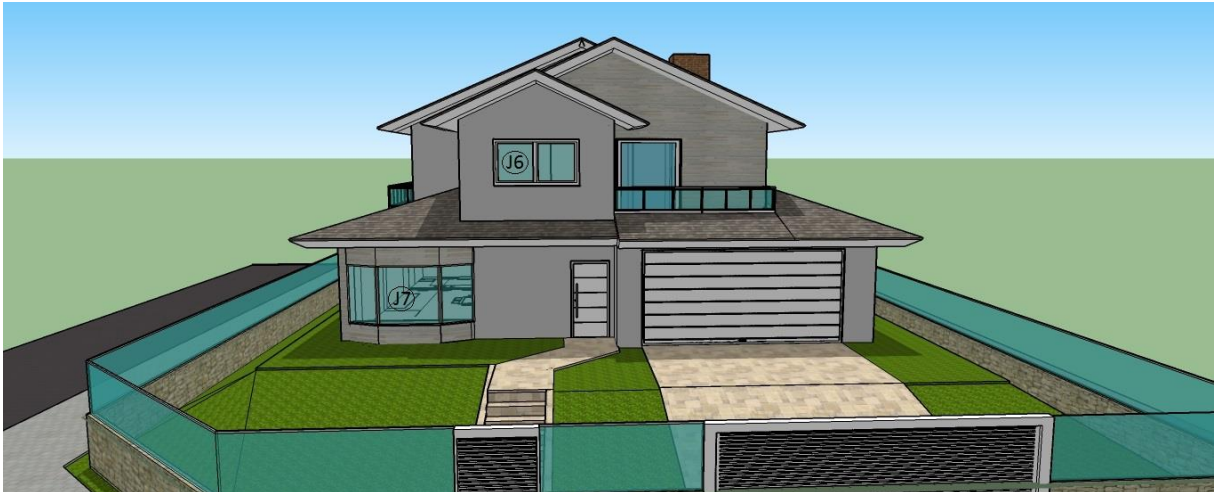
Foi feito isso para as 8 janelas que o projeto possui, segue a tabela 6 com seus respectivos ângulos  $\alpha$ :

Tabela 6 – Cálculo do Ângulo  $\alpha$

Janela	Tipo	Face	Parapeito (cm)	Beiral(cm)	Hipotenusa (cm)	Ângulo $\alpha$ ( $^\circ$ )
J1	Janela de correr	OESTE	90	80	206,2	67,16
J2	Janela de correr	OESTE	90	80	206,2	67,16
J3	Janela de correr	NORTE	180	80	128,1	51,33
J4	Janela de correr	SUL	90	80	206,2	67,16
J5	Janela de correr	NORTE	110	80	187,9	64,79
J6	Janela de correr	LESTE	90	80	206,2	67,17
J7	Bay window	LESTE	45	80	248,3	71,19
J8	2 Janelas Basculante	NORTE	20	80	206,15	67,16

Fonte: Autoria Própria, 2015.

Para cada janela há um ângulo  $\alpha$ , conseqüentemente uma incidência solar. Para um melhor entendimento foi obtidas perspectivas de cada fachada no *Sketch Up*, identificando as janelas e seus detalhes importantes sobre o ambiente.



**Figura 52 - Perspectiva Leste do Projeto**  
**Fonte: Autoria Própria desenvolvido no SketchUp, 2015.**

No leste se encontra a fachada principal da casa, onde é a entrada de uma sala, que possui uma janela *bay window* e a garagem da edificação. No pavimento superior está a suíte e um closet, onde há uma sacada. Sabe-se que para esses ambientes o sol da manhã os aquecem, porém, não os aquecem muito durante o dia. Em relação à janela *bay window*, traz bastante iluminação e ventilação, e por ser na fachada leste o aquecimento é pouco, tornando o ambiente agradável.

Como mostra a figura 52, a janela 6 não é um brise horizontal, portanto, diferente das demais, mesmo assim foi feito o cálculo normalmente para o ângulo  $\alpha$ , pois existe um beiral e logo uma proteção solar. Também se considerou de que, como a J6 está localizada na fachada leste, há uma incidência solar agradável e favorável para esta face, mesmo que não tenha um brise horizontal.

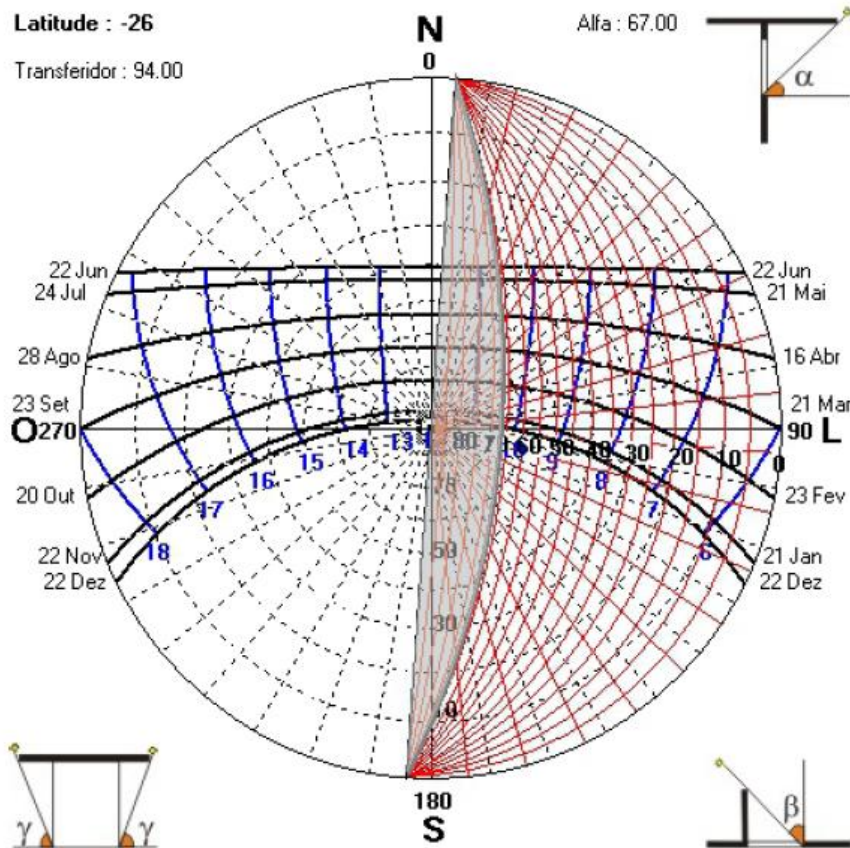
Visto anteriormente que a latitude para o município de Pato Branco é  $26^{\circ}$  ao sul, o transferidor solar de  $94^{\circ}$  da face em estudo (face leste), e o ângulo  $\alpha$  para a janela 6 é  $67^{\circ}$  e para a janela 7, de  $71^{\circ}$ . Com estas informações, foi possível gerar as cartas solares (figura 53 e 54).

**Tabela 7 - Informações da Carta Solar para Fachada Leste**

	Latitude	Transferidor Solar	Janela	$\alpha$
Leste	$26^{\circ}$	$94^{\circ}$	J6	$67^{\circ}$
	$26^{\circ}$	$94^{\circ}$	J7	$71^{\circ}$

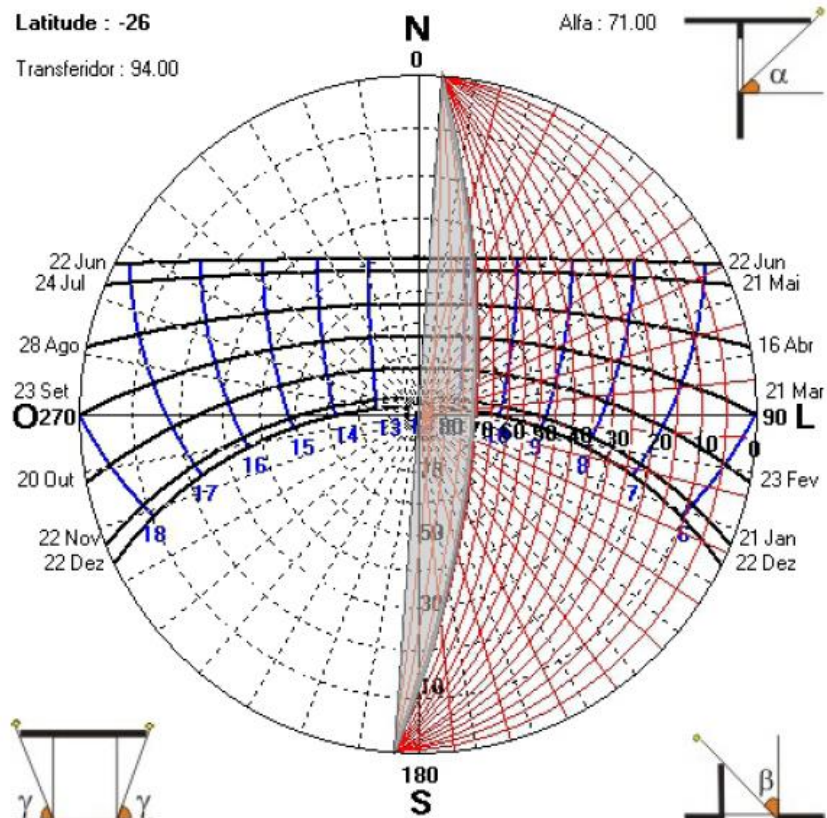
**Fonte: Autoria própria, 2015.**





**Figura 53 – Incidência Solar na Fachada Leste para a J6**  
Fonte: Autoria Própria desenvolvida pela *Analysis SOL –AR*, 2015.

Percebe-se na figura 53 que, o beiral permite a passagem da radiação solar no verão entre 5:30h as 10:00h, e no inverno entre as 6:45h as 11:00h. De maneira geral, pode-se dizer que o beiral cumpre bem a sua função, uma vez que proporciona sombreamento nos meses com temperaturas mais elevadas (verão).

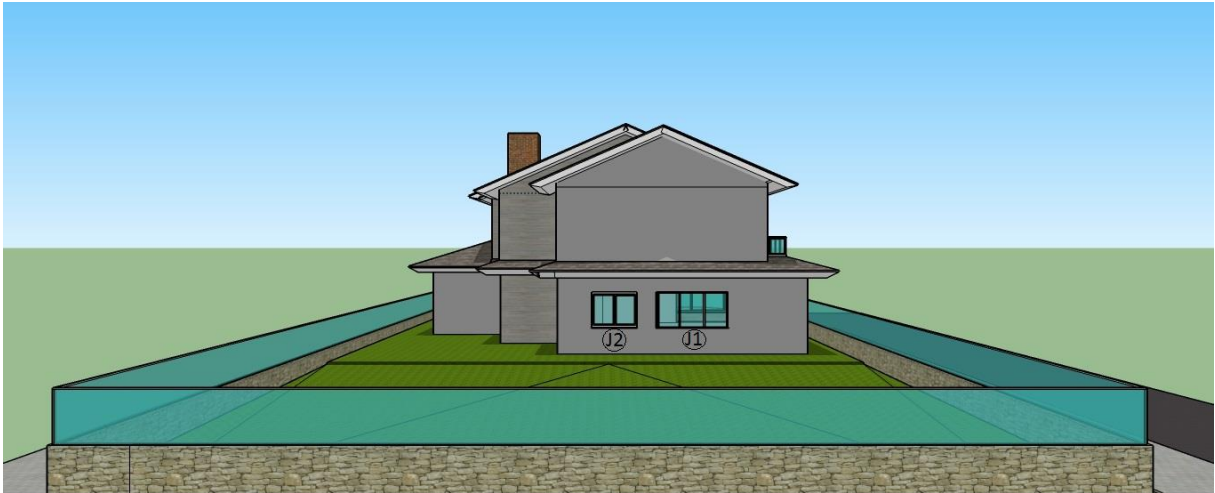


**Figura 54 – Incidência Solar na Fachada Leste para a J7**  
 Fonte: Fonte: Autoria Própria desenvolvida pela *Analysis SOL –AR*, 2015.

Para a J7, a janela bay window, pode se perceber a incidência solar no verão ocorrendo entre as 5:30h as 10:45h, e no inverno entre as 6:45h as 11:00h. Por ser uma janela grande e pertencendo a face leste, o funcionamento é eficiente, pois no verão, o beiral bloqueia a radiação nas temperaturas mais elevadas, e no inverno, a radiação irá aquecer o ambiente. A Figura 55 apresenta situações mais críticas na fachada leste, o solstício de verão e o de inverno:



**Figura 55 - Solstício de verão e inverno na fachada leste**  
 Fonte: Autoria Própria desenvolvido no *SketchUp*, 2015.



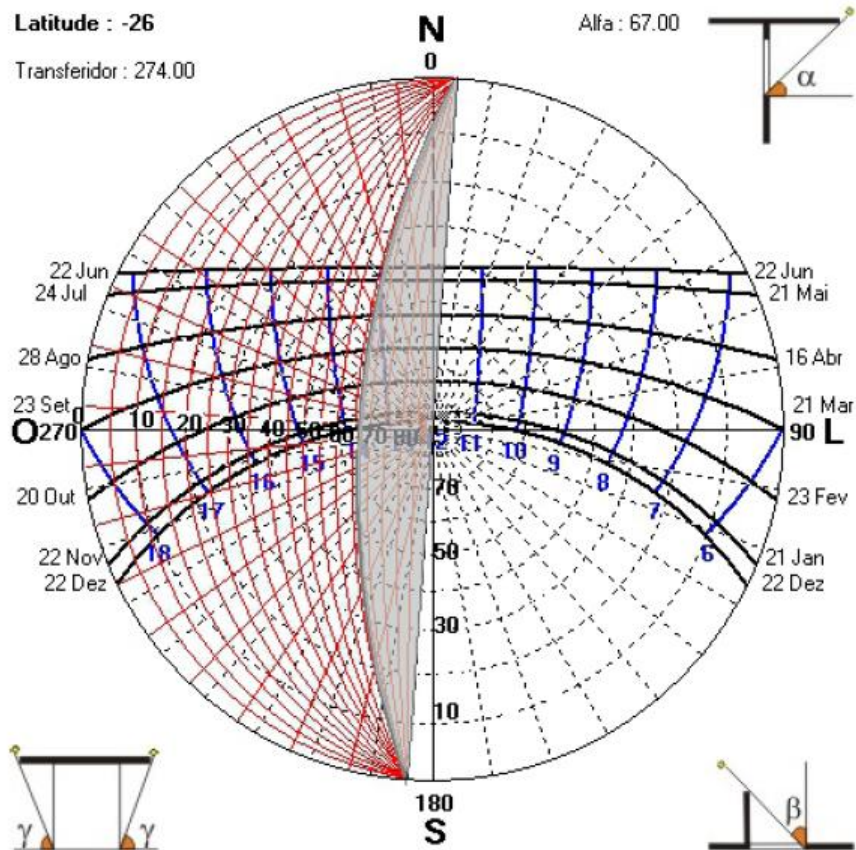
**Figura 56 - Perspectiva Oeste do Projeto**  
**Fonte: Autoria Própria desenvolvido no SketchUp, 2015.**

Na perspectiva oeste do projeto, o sol permanece à tarde, porém, após o meio dia, o sol esquenta bastante os cômodos localizados nesta face, os aquecendo para período noturno. No andar térreo se encontra a cozinha e a lavanderia com as respectivas janelas 1 e 2, e, no andar superior, um quarto e um banheiro, onde não há janelas nesta face, portanto seria um problema, pois a parede iria absorver todo o calor durante o dia no verão e a noite um ambiente abafado e desagradável.

**Tabela 8 - Informações da Carta Solar para Fachada Oeste**

	Latitude	Transferidor Solar	Janela	$\alpha$
Leste	$26^{\circ}$	$274^{\circ}$	J1	$67^{\circ}$
	$26^{\circ}$	$274^{\circ}$	J2	$67^{\circ}$

**Fonte: Autoria própria, 2015.**



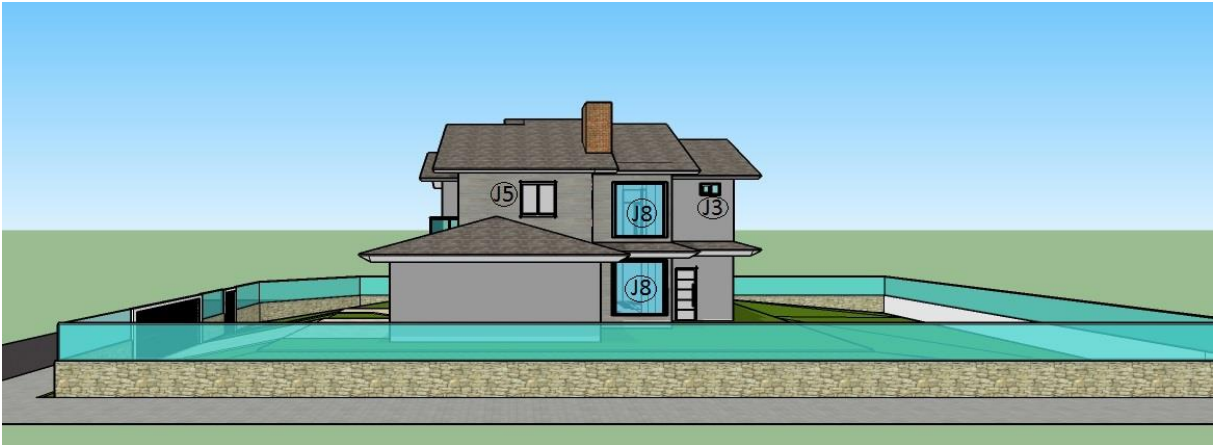
**Figura 57 - Incidência Solar na Fachada Oeste para a J1 E J2**  
Fonte: Autoria Própria desenvolvida pela *Analysis SOL –AR*, 2015.

Para a J1 e a J2, que apresentam o mesmo ângulo  $\alpha$ , ocorre a incidência solar entre 13:45h as 19:00h, e no inverno com sol entre 13:00h as 17:15h. Como dito anteriormente, a fachada oeste esquenta a tarde toda, mas como a cozinha e a lavanderia são poucos usados, o usuário não iria sentir tanto o desconforto térmico.

A figura 58 mostra a situação mais crítica de incidência solar onde seria as 15:00h no solstício de verão.



**Figura 58 - Solstício de verão na fachada oeste**  
Fonte: Autoria Própria desenvolvida no *SketchUp*, 2015.



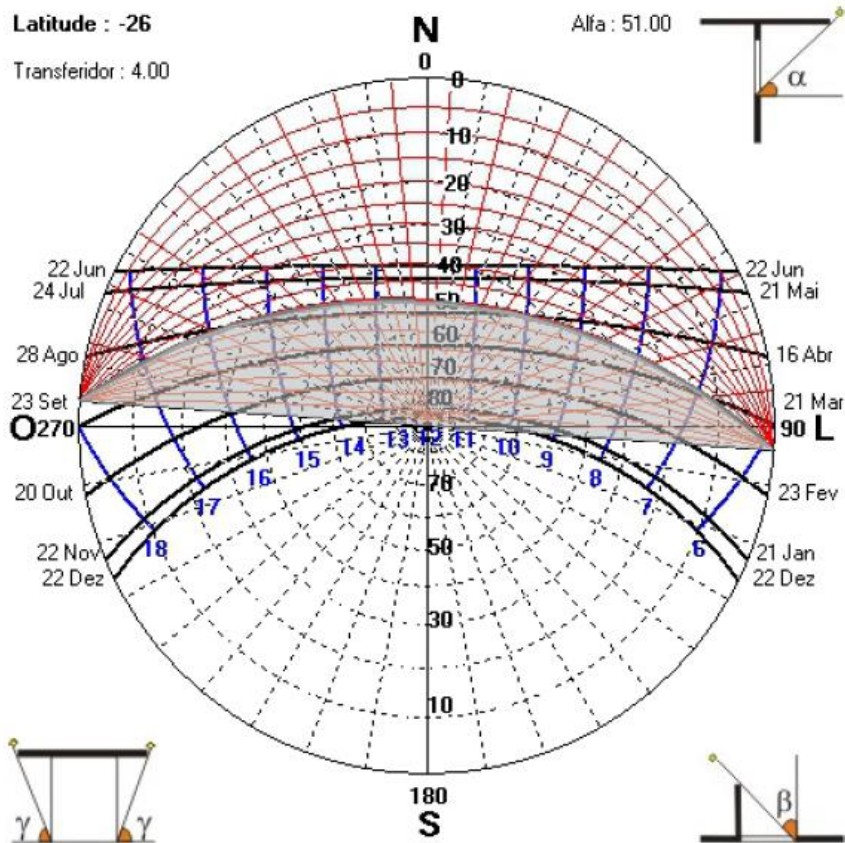
**Figura 59 - Perspectiva Norte do Projeto**  
**Fonte: Aatoria Própria desenvolvido no SketchUp, 2015.**

Na fachada norte se encontra a escada, uma vez que a proposta é janelas grandes para o aproveitamento da iluminação natural. O objetivo é captar a máxima energia solar para aquecimento no inverno, e, no verão permitir a ventilação natural do ambiente. Há também as janelas do banheiro da suíte e bwc.

**Tabela 9 - Informações da Carta Solar para Fachada Norte**

	Latitude	Transferidor Solar	Janela	$\alpha$
Leste	26 <sup>0</sup>	4 <sup>0</sup>	J3	51 <sup>0</sup>
	26 <sup>0</sup>	4 <sup>0</sup>	J5	65 <sup>0</sup>
	26 <sup>0</sup>	4 <sup>0</sup>	J8	67 <sup>0</sup>

**Fonte: Aatoria própria, 2015.**



**Figura 60 – Incidência Solar na Fachada Norte para a J3**  
Fonte: Autoria Própria desenvolvida pela *Analysis SOL –AR*, 2015.

Para a J3 o beiral proporciona sombreamento nos meses de setembro a março, bloqueando a radiação solar em todas as horas do dia, nos meses de abril a agosto o beiral permite incidência solar entre 5:30h e as 16:00h. Porém, nos meses de maio a julho não há nenhum sombreamento. Portanto, nestes meses existam necessidades de aquecimento em alguns horários.

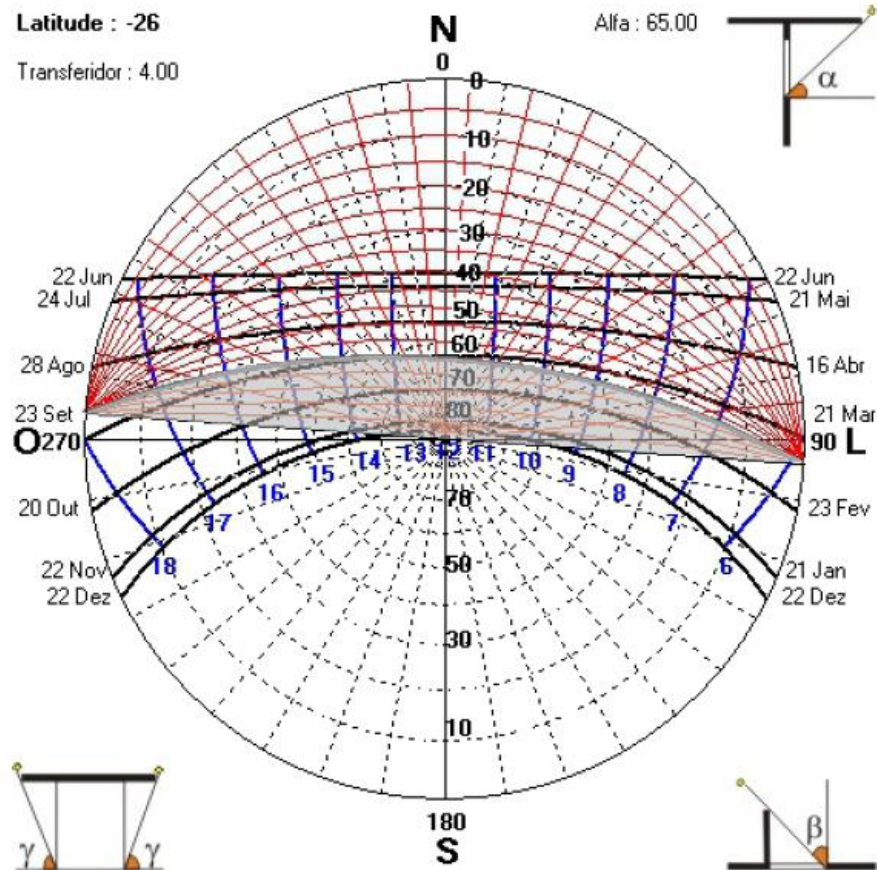
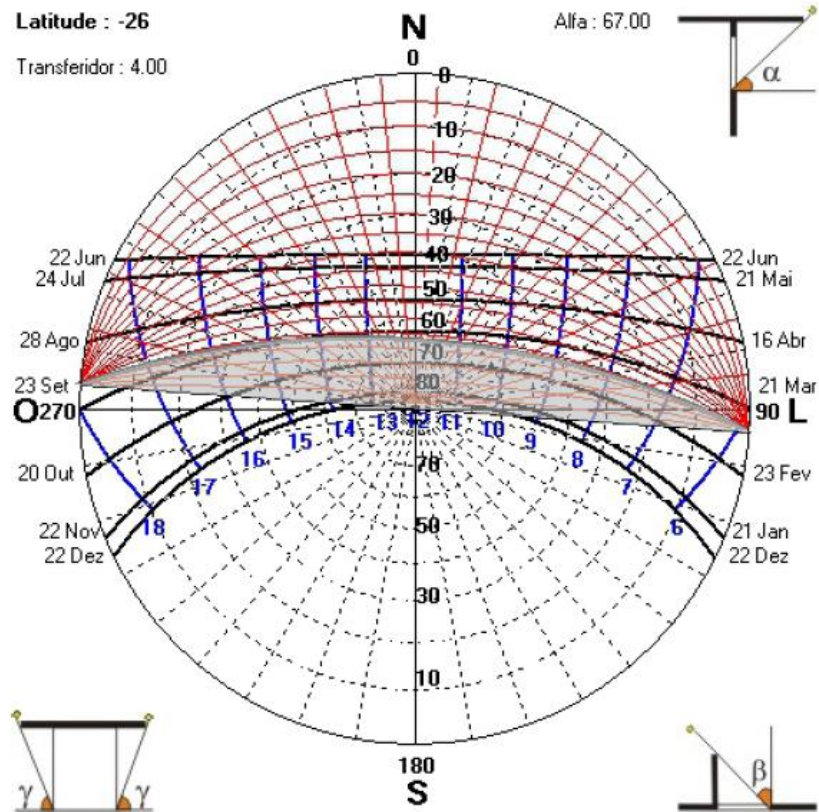


Figura 61 – Incidência Solar na Fachada Norte para a J5  
Fonte: Autoria Própria desenvolvida pela *Analysis SOL* –AR, 2015.

Para a J5 o beiral proporciona sombreamento nos meses de setembro a março, bloqueando a radiação solar em todas as horas do dia. Porém, nos meses de março a julho não há nenhum sombreamento.



**Figura 62 – Incidência Solar na Fachada Norte para a J8**  
Fonte: Autoria Própria desenvolvida pela *Analysis SOL –AR*, 2015.

Para a J8, as duas janelas da escada, o beiral proporciona sombreamento nos meses de setembro a março, bloqueando a radiação solar em todas as horas do dia. E no solstício de verão não há incidência solar. Nos meses de março a julho não há nenhum sombreamento.



**Figura 63 - Solstícios e Equinócios na fachada norte**  
Fonte: Autoria Própria desenvolvido no *SketchUp*, 2015.





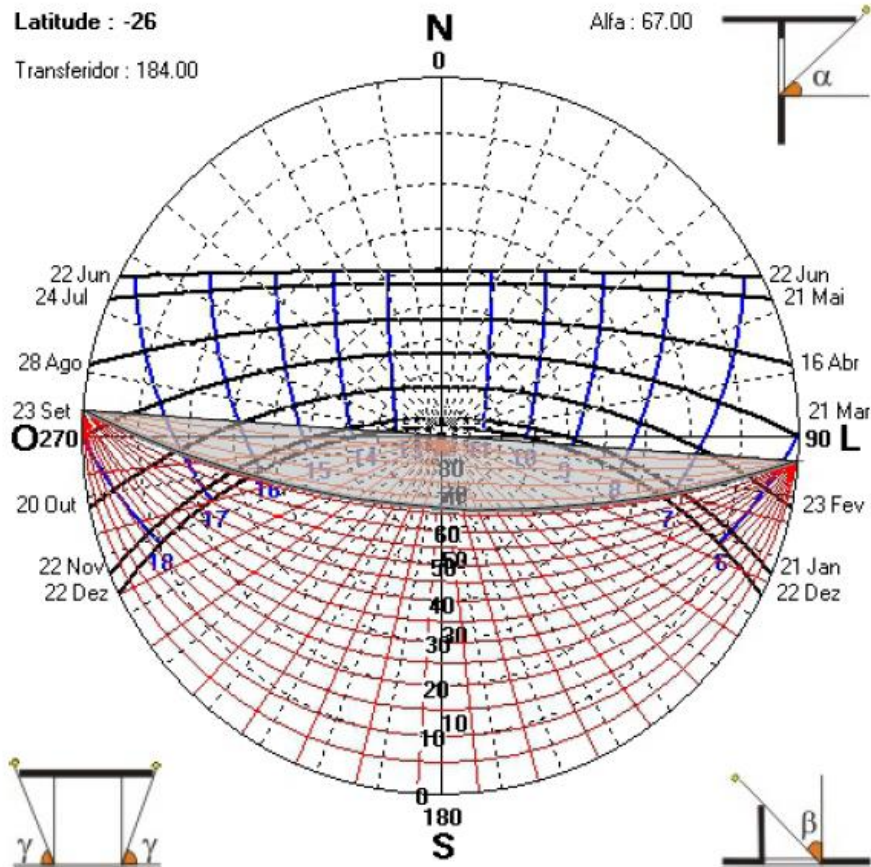
**Figura 64 - Perspectiva Sul do Projeto**  
**Fonte: Autoria Própria desenvolvido no SketchUp, 2015.**

A fachada sul recebe pouca ou às vezes nenhuma incidência solar. Os quartos que estão localizados nesta face serão prejudicados, e a sala e a cozinha que se encontram no andar térreo também. No inverno tende a ficar mais úmida e fria. Para esta fachada tem apenas a janela 4, onde fica a sala de jantar.

**Tabela 10 - Informações da Carta Solar para Fachada Sul**

Leste	Latitude	Transferidor Solar	Janela	$\alpha$
	$26^{\circ}$	$184^{\circ}$	J4	$51^{\circ}$

**Fonte: Autoria própria, 2015.**



**Figura 65 – Incidência Solar na Fachada Sul para J4**  
Fonte: Autoria Própria desenvolvida pela *Analysis SOL –AR*, 2015.

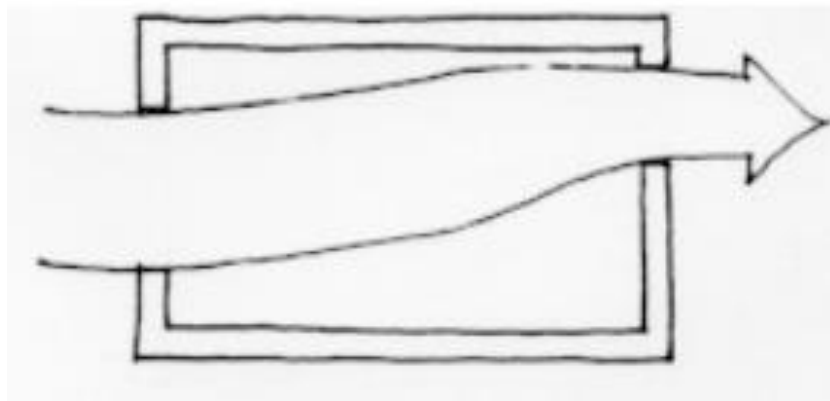
Para a J4, apenas no verão que possui incidência solar entre 5:30h às 7:00h e das 16:30h às 19:00h. No inverno, não há incidência solar.



**Figura 66 - Solstício de inverno na fachada sul**  
Fonte: Autoria Própria desenvolvido no *SketchUp*, 2015.

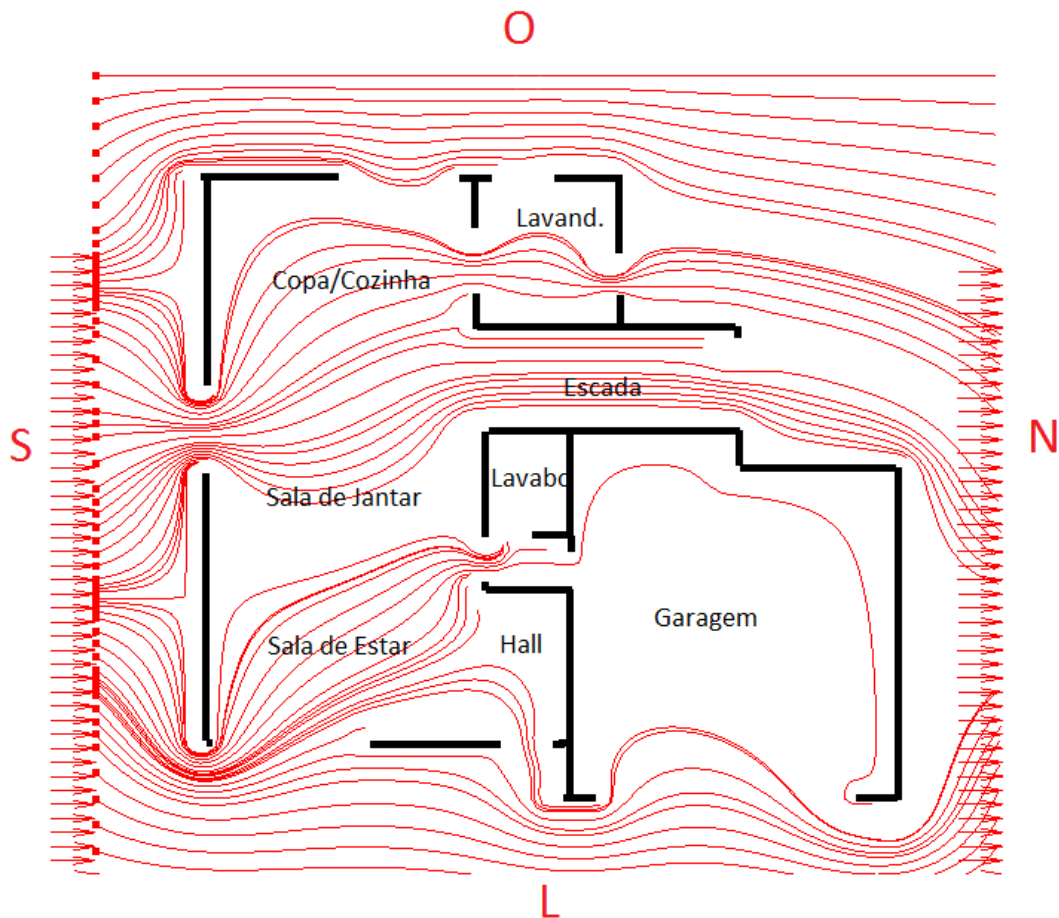
## 5.2 ANÁLISE DA VENTILAÇÃO

A ventilação é um dos fatores que influencia no desempenho térmico de uma edificação. A infiltração através de portas, janelas ou fendas é normalmente uma ocorrência natural nos edifícios. No entanto, a ventilação para o conforto deve ser controlada, permitindo as trocas de calor do usuário, a renovação para oxigenação, remoção de odores, retirada do excesso de vapor d'água e resfriamento das superfícies aquecidas. A ventilação representa a troca de ar entre o ambiente interno e o ambiente externo (SOUZA, 2010).



**Figura 67 - Ventilação Cruzada**  
Fonte: Lamberts, 2011.

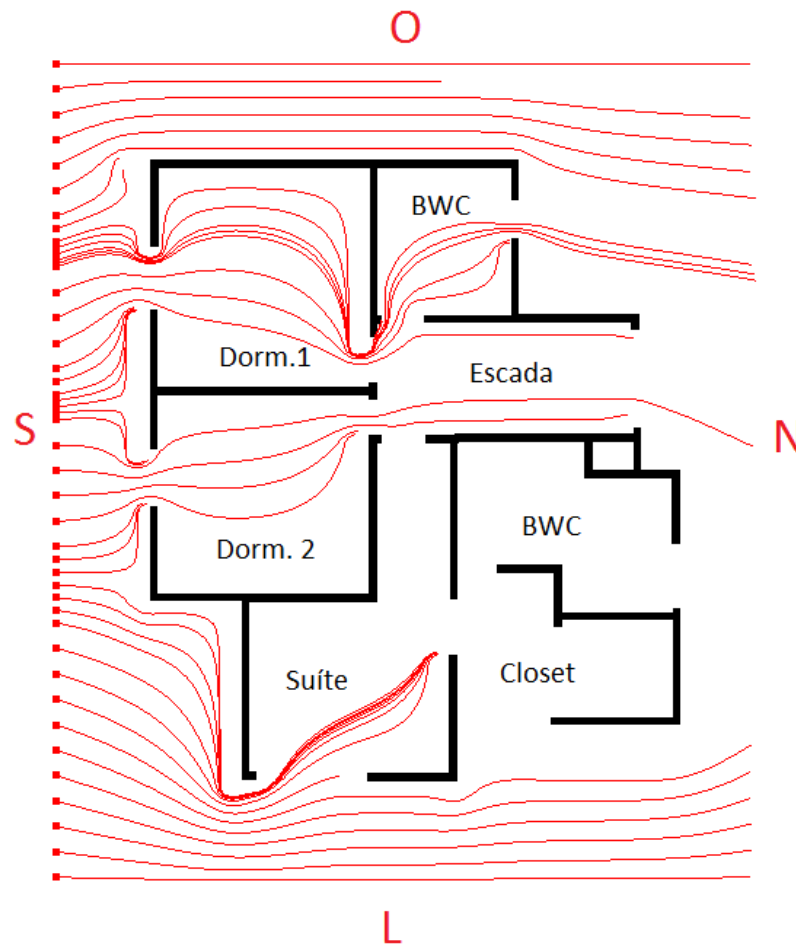
Para o desenvolvimento da ventilação cruzada foi utilizado o *software* FluxoVento, desenvolvimento por Carlos Vitor de Alencar Carvalho e Luiz Fernando Martha na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, com o objetivo de analisar o escoamento de ar dentro da edificação, com ventos de maior predominância no município de Pato Branco – PR, ventos vindos do Sul.



**Figura 68 – Ventilação Cruzada no pavimento térreo**  
 Fonte: Autoria Própria desenvolvido no FluxoVento, 2015.

No pavimento térreo percebeu-se que a garagem e o lavabo estão com má ventilação. Porém, na garagem, isto não seria um problema, pois é um ambiente de permanência transitória. Já no lavabo, é um ambiente de permanência prolongada, pois é o único banheiro neste pavimento.

Para os outros espaços, observam-se bons resultados, pois estão com a ventilação cruzada que a NBR 15220-3 (2003) recomenda para a estação verão.



**Figura 69 – Ventilação Cruzada no pavimento superior**  
**Fonte: Autoria Própria desenvolvido no FluxoVento, 2015.**

Conforme visto na figura, existem dois ambientes sem ventilação alguma, o closet e o banheiro da suíte, estes, estão na fachada norte, a face que aquece a edificação durante o dia todo, portanto seriam ambientes muito desagradáveis.

Nos demais cômodos, pode-se perceber que estão com boa ventilação, cruzando todas as aberturas.

### 5.3 ANÁLISE DAS ABERTURAS DO PROJETO

De acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2003), as aberturas para ventilação devem possuir um tamanho médio, ou seja, entre 15% e 25% da área do piso do ambiente, dessa forma foi feita uma análise das aberturas do projeto. Para o Código de Obras do município de Pato Branco a ventilação mínima para sala de

estar/ jantar e dormitórios é de 1/12, e para copa/cozinha e banheiros é de 1/16 (PATO BRANCO, 2015).

As aberturas são dadas em percentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar). A tabela 11 apresenta a área de cada ambiente com a respectiva área de ventilação analisadas de acordo com a Norma e com o Código de Obras. A tabela II para o cálculo do Código de Obras se encontra nos Apêndices.

**Tabela 11 - Análise das aberturas de ventilação**

<b>Cômodo</b>	<b>Área do piso (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Aberturas para ventilação (m<sup>2</sup>)</b>	<b>A<sub>VENTILAÇÃO</sub>/A<sub>PISO</sub></b>	<b>Ventilação Mínima (Código de Obras)</b>
Sala de Estar	21,89	5,28	24,12%	OK
Sala de Jantar	11,82	1,44	12,18%	NÃO OK
Copa/Cozinha	18,85	2,88	15,28%	OK
Dormitório 1	15,33	2,52	16,44%	NÃO OK
Dormitório 2	15,41	2,52	16,35%	NÃO OK
Suíte	11,82	2,52	21,32%	OK
Banheiro Suíte	10,11	1,44	14,24%	OK
Banheiro	7,17	1,26	17,57%	OK

**Fonte: Autoria própria, 2015.**

Foram consideradas nos dormitórios 1 e 2, as portas da sacada como aberturas. Os demais cômodos como, garagem, closet, circulação e hall não foram avaliadas, já que são áreas de pouca permanência.

Analisando as aberturas para ventilação, foi notado que o cômodo da sala de jantar possui o índice de área de ventilação pela área de cada ambiente menor do que a recomendável pela NBR 15220-3 (ABNT, 2003) como mostra o número destacado em vermelho na tabela 11.

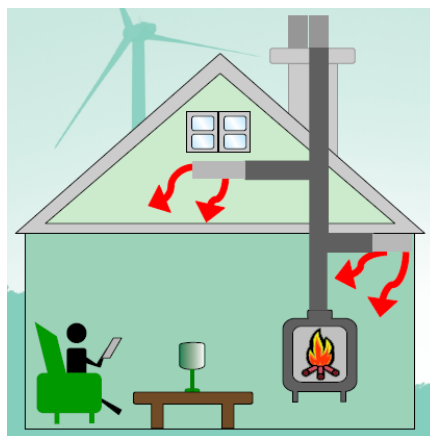
Analisando a ventilação mínima exigida pelo Código de Obras do Município de Pato Branco as aberturas da sala de jantar, e dos dois dormitórios não estão de acordo. Estas aberturas devem ser dotadas de dispositivos que permitam a renovação de ar com, pelos menos 50% da área mínima exigida.

## 5.4 DISCUSSÕES

Analisando as cartas solares pode-se perceber que:

A Face Norte é onde acontece a maior incidência solar durante o dia, não tivesse a proteção solar, como mostra a figura 46 nota-se que há uma incidência direta durante o dia todo nos equinócios e no solstício de inverno. Porém no solstício de verão, a incidência ocorre entre as 10:00h até as 14:00h, em consequência as janelas da escada por serem grandes aqueceriam a casa de forma desagradável. Ao contrário do que se constatou com a existência de beiral, ocorreu o bloqueio da incidência solar entre os meses de março a setembro, e no solstício de inverno não apresentou a proteção do beiral, portanto uma incidência solar. Visto que, isto não seria um problema, pois a casa ficaria aquecida, já que a NBR 15220-3 (ABNT, 2003) recomenda o aquecimento solar da edificação no inverno.

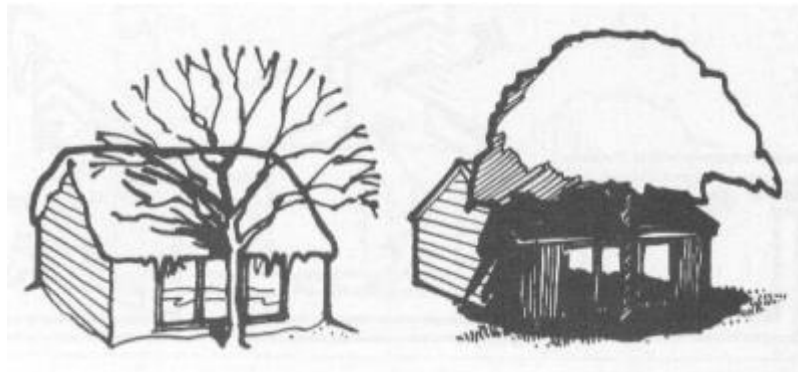
A Face Sul é onde acontece menos insolação diária, foi observado nas cartas solares que não há incidência solar alguma nos equinócios e no solstício de inverno, isto é, um problema em relação ao aquecimento dos cômodos que pertencem a esta fachada, como os dormitórios e a suíte. A proposta é seguir a recomendação da NBR 15220-3 (ABNT, 2003) utilizando de aquecimento artificial, como por exemplo, aquecedores, aquecimento de biomassa e o uso paredes internas pesadas, para evitar as perdas de calor. Ou então, mudar o projeto arquitetônico tirando os quartos da face sul.



**Figura 70 - Aquecimento de biomassa em uma residência**  
Fonte: Município de Mirandela, 2015

A Face Leste recebe o sol da manhã. Observou-se que para a inexistência de beiral, há uma insolação direta durante o nascer do sol até meio dia nos equinócios e solstícios. Para esta fachada, não há problemas relacionados à incidência solar, pois com o uso do beiral, foi possível observar que nos equinócios ocorre em média ao nascer do sol até 11h. Para a janela J6, como já foi dito anteriormente não é um beiral horizontal, mas foi calculada para o trabalho, além do mais esta face possui uma incidência amena. Contudo, o ideal seria usar outro software para esse caso.

Na Face Oeste foi possível identificar alguns problemas para os cômodos, pois, é nesta face que recebe o sol da tarde. Sem o beiral pode-se verificar que há uma insolação ao meio dia até o pôr do sol, para todas as estações do ano. E com a existência do beiral, pouca coisa se alterou, apenas foi bloqueado o sol do meio dia até em média 13:30h. Para o dormitório 1, onde não possui janela, há um problema de insolação, pois há radiação direta na parede, e a noite este cômodo ficaria muito aquecido. Neste caso, o que pode ser feito é utilizar árvores com folhas caducas (figura 72), ou seja, que permite a incidência do sol desejável no inverno, quando as folhas tendem a cair, e no verão bloquear a incidência do sol quando florescer; um exemplo de uso, a árvore Ipê. Para resolver a questão de iluminação neste quarto, deveria ter mais uma janela na fachada oeste, e além de que a árvore sombrearia, mas não bloquearia a luz natural, entretanto, também poderia ser usado um brise, mas em algumas horas da tarde, o sol estaria perpendicular à fachada, então, a proteção obstruiria a iluminação do ambiente. Para a cozinha e a lavanderia que não são tão frequentados e há pouca permanência, não há o desconforto térmico, o uso da vegetação já seria o suficiente para bloquear a radiação direta.

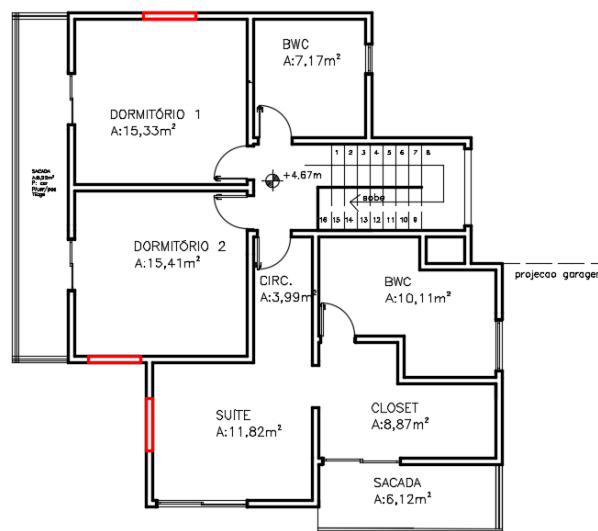


**Figura 71 - Exemplo de sombreamento com uma árvore de folha caduca no Inverno (esquerda) e no Verão (à direita)**

**Fonte: Urbanismo e Mobilidade, 2015.**



Para que ocorra a ventilação cruzada na garagem e no lavabo que pertencem ao pavimento térreo, sugere-se o uso de janelas basculantes altas, ajudando também na iluminação dos ambientes. Assim será possível, mesmo com as janelas de correr fechadas permitir a ventilação cruzada através das basculantes durante o período noturno sem ter preocupações com a segurança. Para o pavimento superior, sugere-se o uso de venezianas nos dormitórios para garantir a ventilação. Ainda projetar mais três janelas, como aparece em vermelho na figura 73 para ocorrer o desvio da ventilação para dentro da edificação.



**Figura 72 – Propostas para novas janelas**  
**Fonte: Autoria Própria, 2015.**

Analisando as aberturas do projeto, constatou-se que as recomendações da NBR 15220-3 (ABNT, 2003) que para a zona 2 o tamanho das aberturas são médias (15% a 25% da área do piso de cada ambiente). Assim sendo, a sala de jantar apresentou área menor que a mínima, portanto precisaria aumentar a dimensão de sua janela para poder atender as recomendações da Norma.

Para proporcionar o aquecimento solar da edificação sabe-se que as paredes promovem o uso de massa térmica. É necessário que haja incidência solar nas paredes sul que receberão menos sol e as paredes oeste irão fornecer mais sol. Logo, a radiação solar incidente durante o inverno deve incidir sobre a parede dos dormitórios, promovendo o aquecimento. Uma vez que, a Norma recomenda vedações internas pesadas para o aquecimento interno dos ambientes também pode se procurar aumentar a incidência dos raios solares na fachada sul usando

cores mais escuras. Nos ambientes sociais, como a sala de estar, jantar e copa/cozinha permitem que a incidência solar se distribua, pelo fato dos ambientes serem integrados.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo desse trabalho foi verificar o conforto térmico em um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar. Todos esses objetivos foram alcançados, pois foram analisadas as cartas solares conforme a incidência solar nas janelas do projeto em relação às quatro faces: norte, sul, leste e oeste, análise das aberturas da edificação em estudo quanto à área de ventilação, e análise da ventilação.

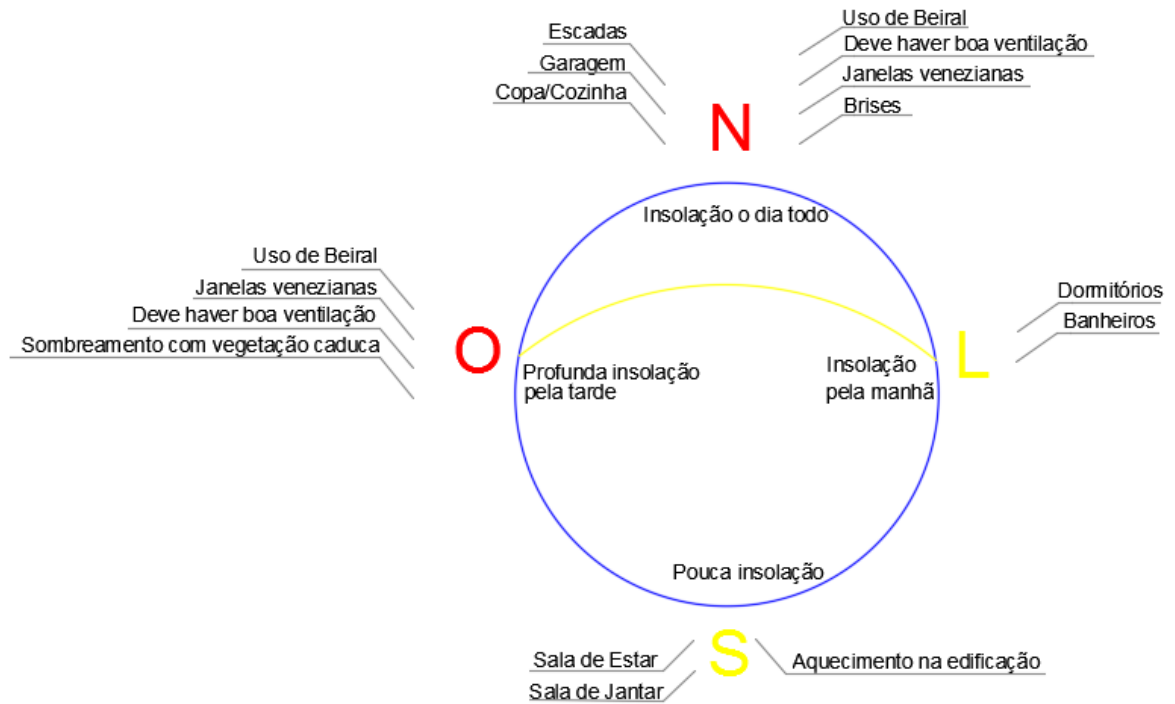
A NBR 15220-3 (ABNT, 2003) classifica as cidades de acordo com a Zona Bioclimática, recomendando estratégias, como o tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas e de condicionamento térmico passivo. Para a cidade de Pato Branco, situada na Zona 2, a Norma indica aberturas de tamanho médio que permitam a entrada de sol, aquecimento solar e vedações internas pesadas para o inverno e a ventilação cruzada para o verão.

Entretanto, mesmo seguindo as recomendações da Norma, cada projeto há uma necessidade específica, em relação ao terreno, a orientação solar, condições de insolação, a predominância dos ventos, a posição da casa, entre outros. A partir disto, surge a arquitetura bioclimática e o quão importante é, pois aproveita a natureza ao seu favor, visando à disposição dos ambientes, a qualidade da edificação e o conforto térmico.

Bem como, a importância disto está interligada as doenças que podem ser causadas para o ser humano, como por exemplo, um quarto úmido e escuro com propensão a proliferação de bolor e mofo causando renites e doenças respiratórias. Por fim, a arquitetura bioclimática tem a responsabilidade de fornecer conforto, reduzir o consumo energético através de estratégias passivas e melhorar a qualidade da edificação.

As dificuldades encontradas foram: aprender a entender o software SOLAR e analisar as cartas solares, também a dificuldade de encontrar outros softwares para fazer o estudo de ventilação e também da insolação para o beiral, por exemplo, da J6. De modo geral, o trabalho proporcionou o conhecimento sobre conforto térmico na cidade de Pato Branco – PR.

Sendo assim com as análises e resultados obtidos, faço as recomendações básicas para a matéria de PA27CV, vale também para a cidade de Pato Branco:



**Figura 73 – Recomendações**  
**Fonte: Autoria Própria, 2015**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDABÓ, Ricardo. **Gerenciamento de projetos: procedimento básico e etapas essenciais**. 1ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda. 2001.

ALLEN, E. **How Buildings Works: The Natural Order of Architecture**. 3d. Oxford University Press. 2005.

ARAÚJO, M.A., **A moderna construção sustentável**. 2006. Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/pdf/artigos1.asp>> Acesso em: 21/05/2015.

AsBEA. **Manual de Contratação de Serviços de Arquitetura e Urbanismo da AsBEA**. São Paulo: Pini, 1992. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/102/artigo23792-1.aspx>>. Acesso em: 21/05/2015

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY FOR HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING, **Standard 140: Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs**. Atlanta, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531** – (Elaboração de projetos de edificações – atividades técnicas) Rio de Janeiro, 1995a.

\_\_\_\_\_. **NBR 13532** – (Elaboração de projetos de edificações – arquitetura) Rio de Janeiro, 1995b.

\_\_\_\_\_. **NBR 5674** – (Manutenção de edificações) Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 12722**: discriminação de serviços para construção de edifícios. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220: Desempenho Térmico para Edificações de Interesse Social**: Zoneamento bioclimática brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 1988. Disponível em: <[http://planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 12/05/2015

CALLEGARI, S., BARTH, F. **Análise da compatibilização de projetos em um edifício residencial multifamiliar em Florianópolis.** Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

CARLI, Sandra Maria Marcondes Perito. **Habitação adaptável ao idoso: um método para projetos residências.** São Paulo, 2004. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. USP – Universidade de São Paulo.

CARTILHA CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS. Cadernos de Consumo Sustentável, **Moradias Sustentáveis: Economia Durabilidade.** 2015. Ministério do Meio Ambiente.

COLAÇO, L;M.M., **A Evolução da Sustentabilidade no Ambiente Construído Projecto e Materiais dos Edifícios.** Porto. 2008. Tese (Doutorado) – Universidade Portucalense.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO – CAU. Disponível em: <[www.caupr.gov.br](http://www.caupr.gov.br)>. Acesso em: 21/05/2015.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA – CONFEA, Resolução nº 1048/2013.

CONSELHO INTERNACIONAL PARA PESQUISA E INOVAÇÃO EM CONSTRUÇÃO.- CIB 2002, p.8. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/latinamericancib/>>. Acesso em: 14/05/2015.

CORRÊA, L.R. **Sustentabilidade na Construção Civil.** Belo Horizonte, 2009. 70f. Monografia (Graduação em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

EVANS, M; SCHILLER, S. (1988). **Diseno bioambiental y arquitectura solar.** Universidad de Buenos Aires, Sere Ediciones Previas, n 9.

FERGUSON, I. **Buildability in Practice,** Mitchell, London,1989.

FLORIM L.C.; QUELHAS O.L.G. **Contribuição para construção sustentável: Características de um projeto habitacional eco-eficiente.** Engevista, v.6, n.3, p.121-132, dezembro 2004.

FROTA, A ; SCHIFFER, S. **Manual do Conforto Térmico:** arquitetura,urbanismo. 5ed. São Paulo: Nobel Editora Ltda. 2001.

*Google Earth* – Disponível em: < <https://www.google.com/earth/>> . Acesso em: 15/10/2015.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. Disponível em: < <http://www.iapar.br/>>. Acesso em: 15/10/2015.

IPPUPB – Disponível em: <<http://patobranco.pr.gov.br/secretarias/planejamento-urbano/>> Acesso em: 15/10/2015.

KENCHIAN, A. **Qualidade Funcional no Programa e Projeto da Habitação**. São Paulo, 2011. 543f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

LABCON - UFSC. **Bioclimatologia: Estratégias Bioclimáticas e Avaliação Bioclimática**. Disponível em: <<http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/431.pdf>> Acesso em: 28/10/2015.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LAMBERTS, ROBERTO. **Conforto e Stress Térmico**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

LEMOS, C.A.C. **História da Casa Brasileira**. São Paulo: Editora Contexto, 1989.

LOBO, Jamilton W, et al. **Determinação da Eficiência e da Aplicabilidade de Bombas de Calor em Clima Temperado Subtropical** – Típico da Região Sul do País. Disponível em: < <http://www.espacoenergia.com.br/edicoes/1/001-04.pdf>>. Acesso em: 10/10/2015.

MARQUES, S. Ricardo . Vídeo aula sobre o Software Analysis SOL-AR. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JDD3yKDsmC8>> . Acesso: 21/10/2015.

MELHADO, S.B. **Coordenação de Projetos de Edificações**. São Paulo: Ed. O Nome da Rosa. 2005. 115p.

MELHADO, S.B. **Metodologia de projeto voltada à qualidade na construção de edifícios: metodologia envolvendo os novos procedimentos de projeto**. In: VII Encontro Nacional de tecnologia do ambiente construído, ENTAC, 1998. Anais: Florianópolis.

MIRANDELA – Disponível em: <http://ecoguia.cm-mirandela.pt/> Acesso: 01/11/2015.

OLIVEIRA, R.R. **Sistematização e listagem de fatores que afetam a construtibilidade das alvenarias estruturais.**In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., 1994, Florianópolis. Anais... Florianópolis: [s,n], 1994.

PATO BRANCO. **Código de Obras de Pato Branco – Pr.** Disponível em: <[http://patobranco.pr.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/Codigo\\_de\\_OBRAS.pdf](http://patobranco.pr.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/Codigo_de_OBRAS.pdf)> Acesso em: 28/10/2015.

PEDRO, J.B. **Definição e Avaliação da Qualidade Arquitectónica Habitacional.** Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2000. Teses e Programas de Investigação LNEC, TPI 26.

PERALTA, Antônio Carlos. **Um modelo do Processo de Projeto de Edificações, Baseado na Engenharia Simultânea em Empresas Construtoras Incorporadoras de Pequeno Porte.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

REZENDE, M. A. P.; ABIKO, A. K. . **Fatores da Inovação Tecnológica nas Edificações.** In: 10º ENTAC, Encontro Nacional do Ambiente Construído, 2004, São Paulo: Anais do 10º ENTAC, Encontro Nacional do Ambiente Construído, 2004.

RODRÍGUEZ, M.A.A. **Coordenação Técnica de Projetos: Caracterização e Subsídios para sua Aplicação na Gestão do Processo de Projeto de Edificações.** Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC. 2005. 172p.

RODRÍGUEZ, Marco Antonio Arancibia; HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. A construtibilidade no processo de projeto de edificações. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO**, 3. 2003, São Carlos, SP. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/acervos/buscaautor/codigoAutor/13620>>. Acesso em: 14/05/2015

RODRÍGUEZ, M.A.A.; HEINECK, L..F.M. **Coordenação de projetos: uma experiência de 10 anos dentro de empresas construtoras de médio porte.** In: II Simpósio brasileiro de gestão da qualidade e organização do trabalho no ambiente construído, Anais: Fortaleza, 2001.

RODRIGUES, MarilucyButinholi, 2005. **Diretrizes para a integração dos requisitos de construtibilidade ao processo de desenvolvimento de produto de obras repetitivas.** Porto Alegre, 2005. 184f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



RORIZ. Programa ZBBR – **Classificação Bioclimática dos Municípios Brasileiros para Habitações Unifamiliares de interesse social indicadas pela NBR 15220 – ABNT, 2003**. Disponível em: < <http://www.labee.ufsc.br/>> Acesso em: 09/10/2015.

SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná. Disponível em: < <http://www.simepar.br/>>. Acesso em: 15/10/2015.

SOUZA, L. **Conforto Térmico III**. Curso de Pós- Graduação em Arquitetura Bioclimática. Cruzeiro do Sul, 2010.

STEHN,L., BJORNFOT, A. **Industrialization of construction – a lean modular approach**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12., 2004, Elsinore. Proceedings... Elsinore: IGLC, 2004.

TABALIPA, N; FIORI, A. **Estudo do clima do município de Pato Branco, Paraná**. Pato Branco, 2008.

TZORTZOPOLUS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projetos de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. Porto Alegre: CPGEC – UFRGS, 1999. (Dissertação de Mestrado).

Urbanismo e Mobilidade. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/5973206-Stc6-urbanismo-e-mobilidade.html>> . Acesso em: 02/11/2015.

VIZIOLI, S.H.T. e BANDEIRA, A.A. **Integração entre as disciplinas “fundamentos do projeto arquitetônico” e “estruturas de concreto”**. (2005) Disponível em <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2005/artigos/SP-5-15310662839-1117654514449.pdf>>. Acesso em: 12/05/2015.

44 arquitetura – Disponível em: <<http://44arquitetura.com.br/2014/04/orientacao-solar-e-o-projeto-arquitetonico/>>. Acesso em: 20/10/2015.

## ÂPENDICE A

TABELA II

	ambiente	círculo insc. Diam min.	círculo insc. Diam min.(PROJETO)	área mínima(m2)	área de PROJETO (m2)	ilum. Mín.	ilum. Mín.(PROJETO)	dimensões das esquadrias	áreas das janelas extraídas do projeto	vent. Mín.	vent. Mín.(PROJETO)	pé direito	validar esquadrias
1	vestíbulo	1,00		1,00		*	*		0	*			indiferente
2	estar	2,40		8,00	21,89	1/6	3,65		5,28	1/12		2,80	OK-tab.II
3	refeições	2,40		8,00	11,82	1/6	1,97		1,44	1/12		2,80	REP.-tab.II
4	copa	1,50		5,00		1/8	0,00			1/16			indiferent
5	cozinha	1,50		4,00	18,85	1/8	2,36		2,88	1/16		2,80	OK-tab.II
6	banheiro	1,20		2,00	7,17	1/8	0,90		1,26	1/16		2,80	OK-tab.II
7	banheiro garagem	1,20		2,00		1 1/8	0,00		0,00	1 1/16			indiferent
8	banheiro lavabo	1,20		2,00		2 1/8	0,00		0,00	2 1/16			indiferent
9	banheiro suíte	1,20		2,00	10,82	2 1/8	1,35		1,44	2 1/16		2,80	OK-tab.II
10	lavanderia	1,50		4,00		1/8	0,00		0,00	1/16			indiferent
11	1º quarto	2,40		9,00		1/6	0,00		0,00	1/12			indiferent
12	d. quartos	2,00		6,00	15,33	1/6	2,56		2,52	1/12		2,80	REP.-tab.II
13	d. quartos	2,00		6,00	15,41	1/6	2,57		2,52	1/12		2,80	REP.-tab.II
14	d. quartos	2,00		6,00	11,82	1/6	1,97		2,52	1/12		2,80	OK-tab.II
15	d. quartos	2,00		6,00		1/6	0,00		0,00	1/12			indiferent
16	abrigo	2,20		*		*	*		0,00	*			indiferente
17	garagem	2,20		12,00		*	*		0,00	*			indiferente
18	q. empreg.	1,80		5,00		1/6	0,00		0,00	1/12			indiferent
19	corredor	1,00		*		*	*		0,00	*			indiferente
20	depósito	1,20		1,50		1/10	0,00		0,00	1/20			indiferent
21	depósito	1,20		1,50		1 1/10	0,00		0,00	1 1/20			indiferent
22	sotão	2,00		6,00		1/10	0,00		0,00	1/20		min(1,8) max(2,2)	indiferent
23	porão	1,50		4,00		1/10	0,00		0,00	1/20			indiferent
24	escritório	2,40		6,00		1/6	0,00		0,00	1/12			indiferent
25	atelier	2,40		6,00		1/6	0,00		0,00	1/12			indiferent
26	estúdio	2,40		6,00		1/6	0,00		0,00	1/12			indiferent
27	adega	1,00		*		*	*		0,00	*			indiferente
28	escadas	1,00		*		*	*		0,00	*			indiferente