

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

BÁRBARA FERREIRA SOUZA

IMPLANTAÇÃO PREDIAL E O CONFORTO TÉRMICO

Jataí
2022



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico/Tecnológico - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Bárbara Ferreira Souza
Matrícula: 20171020260142
Título do Trabalho: Implantação Predial e o Conforto Térmico

Autorização - Marque uma das opções

- ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
- ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

_____, Jataí, Goiás, ____/____/____, 03/03/2022.

Local

Data

Bárbara Ferreira Souza

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

BÁRBARA FERREIRA SOUZA

IMPLANTAÇÃO PREDIAL E O CONFORTO TÉRMICO

Trabalho apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Dr. Rafael Alves Pinto Júnior

Jataí
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Souza, Bárbara Ferreira.

Implantação predial e o conforto térmico: um estudo de caso [manuscrito] / Bárbara Ferreira Souza. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

65f. ; il.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Alves Pinto Junior.

Bibliografias.

1. Conforto térmico. 2. Implantação predial. 3. Insolação solar. I. Pinto Junior, Rafael Alves. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.

Bibliotecária - Rosy Cristina O. Barbosa - CRB 1/2380 – C. Jataí. Cód. F020/2022-1.

FOLHA DE APROVAÇÃO

BÁRBARA FERREIRA SOUZA

IMPLANTAÇÃO PREDIAL E O CONFORTO TÉRMICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Monografia defendida e aprovada, em 31 de janeiro de 2022, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof./ Prof^ª. Doutor Rafael Alves Pinto Júnior
Presidente da banca/ Orientador (a)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof./ Prof^ª. Mestre Marta João Francisco Silva Souza
Membro Interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof./ Prof^a. Engenheiro Civil Bruno Paniago Lima
Membro Externo
Empresa Sustente Engenharia

Jataí
2022

Documento assinado eletronicamente por:

- Bárbara Ferreira Souza, BARBARA FERREIRA SOUZA - ESTUDANTE - IFG - CÂMPUS JATAÍ (10870883000306), em 24/02/2022 22:43:30.
- Bruno Paniago Lima, BRUNO PANIAGO LIMA - 214205 - ENGENHEIRO CIVIL - PREFEITURA MUNICIPAL DE JATAÍ (1), em 23/02/2022 15:29:22.
- Marta Joao Francisco Silva Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/02/2022 15:35:42.
- Rafael Alves Pinto Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/02/2022 13:50:57.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 31/01/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 240869

Código de Autenticação: 8bed76c3f6



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua Maria Vieira Cunha, nº 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3605-0837 (ramal: 837)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por sempre me dar força e resiliência, inclusive para elaborar e finalizar este trabalho.

Agradeço também aos meus pais, que nunca me deixaram ficar desmotivada e muito menos me deixaram desistir, mesmo com todos os problemas em nossas vidas, e sempre me apoiando para que eu vença cada obstáculo da melhor forma possível, eles são meu exemplo de vida.

Ao meu orientador Rafael Alves Pinto Júnior, por toda paciência, suporte, por me inspirar a estar sempre evoluindo e aprendendo, e pelas correções que culminaram na finalização deste excelente trabalho.

Ao meu namorado que sempre me animou, esteve presente em todos os momentos me incentivando a ser minha melhor versão, sempre me mostrando o quão forte eu sou e serei mais forte a cada conquista.

Este trabalho está dedicado a analisar e entender a relação da incidência solar e a concepção da implantação de dois edifícios iguais em volumetria, porém com a posição das fachadas diferentes, do empreendimento Condomínio Yes Park, localizados na rua Nestor de Assis, setor Hermosa, na cidade de Jataí no estado de Goiás, tendo como objetivo analisar a incidência solar nas fachadas dos dois blocos finalizados do condomínio. Procuramos entender a concepção projetual e a relação estabelecida frente à incidência solar no complexo do espaço edificado. Dentre o conjunto das variáveis climáticas que correspondem às maiores influências no espaço habitacional, a incidência solar é certamente a mais relevante. Com isto, pretendemos analisar, mediante o estudo de caso, se esta variável foi responsável em alguma medida pela disposição no terreno ou se foi submetida a outras exigências programáticas. Considerando que o objeto selecionado permite uma análise a respeito das decisões projetuais responsáveis, em suma, pela construção civil.

Palavras-chave: Conforto Térmico. Implantação Predial. Insolação Solar.

This work is dedicated to analyzing and understanding the relationship of solar incidence and the conception of the implantation of two buildings equal in volumetry, but with the position of the different facades, of the Condomínio Yes Park project, located on Nestor de Assis street, Hermosa sector, in city of Jataí in the state of Goiás, with the objective of analyzing the solar incidence on the facades of the two completed blocks of the condominium. We seek to understand the project design and the relationship established in the face of solar incidence in the complex of the built space. Among the set of climatic variables that correspond to the greatest influences on housing space, solar incidence is certainly the most relevant. With this, we intend to analyze, through the case study, if this variable was responsible to some extent for the disposition on the ground or if it was subjected to other programmatic requirements. Considering that the selected object allows an analysis regarding the design decisions responsible, in short, for the civil construction.

Keywords: Thermal comfort. Building Implementation. Solar Insolation.

3 **LISTA DE FIGURAS**

Figura 2.1 – Diagrama do Conforto Térmico para um ser Humano

Figura 2.2 – Velocidade média dos ventos de Jataí

Figura 2.3 – Direção do Vento em Jataí

Figura 2.4 – Carta Solar

Figura 2.5 – Carta Solar de Jataí-GO

Figura 2.6 – Relação: clima-edificações-população

Figura 3.1 – Condomínio Yes Park Jataí

Figura 3.2 – Imagem de satélite, condomínio Yes Park Jataí

Figura 3.3 – Posição solar das construções do condomínio Yes Park

Figura 3.4 – Insolação, A influência da radiação do sol nos edifícios

Figura 3.5 – Cinturão Solar

Figura 3.6 – Diferencial de temperatura devido à insolação para superfícies opacas

Figura 3.7 – Diferencial de temperatura devido à insolação para superfícies transparentes

Figura 3.8 – Tabela 12, NBR 6401

Figura 4.1 – Dados Climatológicos de Jataí

Figura 4.2 – Planta de Locação

Figura 4.3 – Planta de Locação dos blocos AB e CD

Figura 4.4 – Planta de Situação

Figura 4.5 – Bloco BC

Figura 4.6 – Bloco CD

4 **LISTA DE TABELAS**

Tabela 2.1 – Ventilação mínima necessária em ambientes

Tabela 2.2 – Coeficientes de cálculo do vento

Tabela 3.1 – Temperatura e Umidade Relativa

Tabela 3.2 – Parâmetros utilizados de acordo com a imagem 3.6 para os blocos AB e CD do condomínio Yes Park

Tabela 3.3 – Parâmetros utilizados de acordo com a imagem 3.7 para os blocos AB e CD do condomínio Yes Park

Tabela 4.1 – Tabela do cálculo de insolação para os blocos AB e CD do condomínio Yes Park – Jataí

Tabela 4.2 – Comparação da Insolação Total dos blocos AB e CD do condomínio Yes Park - Jataí

NBR – Norma Técnica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GO – Goiás

IFG – Instituto Federal de Goiás

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

ETC – Et Cetera

OIA – Organismo de Inspeção Acreditado

INMETRO – Instituto Nacional de Meteorologia, Normalização e Qualidade Industrial

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IBUTG – Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo

6 LISTA DE SÍMBOLOS

ΔC_{pl} – Diferença entre os coeficientes de pressão do vento

L – Afastamento das edificações

A – Comprimento da edificação

a – Coeficiente de minoração (tabelado)

K – Coeficiente de minoração (tabelado)

V_z – Velocidade do vento na altura Z de interesse (m/s)

V_{10} – Velocidade do vento a 10 metros de altura (m/s)

Z – Altura da cumeeira para edificações de dois andares, ou a altura da janela para edificações mais altas (m)

N – Número de trocas de ar por hora em um ambiente

V – Volume do ambiente (m^3)

Q – Fluxo de ar (m^3/s)

s – Segundo

m^3 - Metros cúbicos

m^2 – Metros quadrados

km/h – Quilômetros por hora

tbn – Temperatura de bulbo úmido natural ($^{\circ}C$)

tbs – Temperatura de bulbo seco ($^{\circ}C$)

tg – Temperatura de globo ($^{\circ}C$)

°C – Graus Celsius

C – Consumo anual de energia (kWh/m²)

kW – Quilo Watt

W – Watt

h - Horas

A_{cob} – Área da cobertura (m²)

A_{fach} – Área da fachada (m²)

A_{total} – Área total (m²)

U_{cob} – Transmitância térmica da cobertura (W/m².K)

α_{cob} – Absorção da cobertura (adimensional)

WWR – Razão de área de janela por área de fachada (adimensional)

PF – Fator de projeção horizontal dos brises (adimensional)

SC – Fator de sombreamento dos vidros (adimensional)

ILD – Densidade de carga interna instalada (W/m²)

q_s – Carga de calor (W)

A – Área (m²)

U – Coeficiente global de transmissão de calor (W/m² °C)

ΔT_e – Acréscimo ao diferencial de temperatura

ΔT – Diferença de temperatura (°C)

P – Potência (CV)

CV – Cavalo Vapor

η – Rendimento

ρ_l – Densidade do ar

c_p – Calor específico do ar seco (kJ/kg°C)

kJ – Quilo Joule

J – Joule

kg – Quilo grama

V_e – Vazão de ar externo (l/s)

t_e – Temperatura do ar externo (°C)

t_s – Temperatura interna da sala (°C)

L – Altitude (m)

q_l – Calor latente (W)

w_e – umidade específica externo (g/kg)

w_s – Umidade específica interna da sala (g/kg)

MJ – Mega Joules

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
JUSTIFICATIVA	21
OBJETIVOS	22
Objetivo Geral	22
Objetivos Específicos	22
CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	23
CONFORTO TÉRMICO	23
Intensidade e direção do vento	25
Incidência solar em um edifício	29
INFLUÊNCIA DO CONFORTO TÉRMICO NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO	32
RELAÇÃO DA POSIÇÃO E A ORIENTAÇÃO DE UM EDIFÍCIO E SEU CONFORTO TÉRMICO.	35
O EDIFÍCIO E A INSOLAÇÃO	37
CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	37
CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	38
PARÂMETROS PARA ANÁLISES	39
PARÂMETROS PARA CÁLCULO DA TEMPERATURA DOS EDIFÍCIOS	43
RESULTADOS	52
CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE	52
CONCLUSÃO	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Na área da engenharia civil é necessário ter estudos de quais as melhores possibilidades para realizações de projetos, e para a fase execução, sempre pensando na obra finalizada e no uso do edifício, tentando garantir sempre a qualidade do serviço.

Dessa forma, durante o curso de engenharia civil no Instituto Federal de Goiás (IFG) de Jataí – Goiás (GO), criou-se oportunidades para que, principalmente eu enquanto aluna pudesse estudar e entender o quanto a eficiência energética e o conforto térmico são importantes para criar ambientes agradáveis e econômicos. Então quando observei a implantação dos edifícios, já finalizados, do condomínio Yes Park, localizado na rua Nestor de Assis no setor Hermosa de Jataí – Go, que têm o mesmo volume e apenas a direção das fachadas com sentidos diferentes, pude perceber que, como será discutido ao longo desse trabalho, poderia ter uma diferença de eficiência energética entre eles, me instigando a estudar e calcular, como foi realizado no item 4.2, a quantidade de joule por metro quadrado que cada fachada irá receber de radiação solar durante o dia mais quente do ano na região.

Se faz de suma importância o cálculo da energia de incidência solar em um dia, em cada fachada de cada edifício do condomínio Yes Park, para que assim seja possível a identificação das fachadas mais prejudicadas com a incidência solar direta, e por fim identificando qual edifício terá uma maior absorção de raios solares, portanto se tornando o edifício menos eficiente energeticamente e menos confortável termicamente.

Portanto, ao realizar essa pesquisa foi possível obter uma melhor compreensão das definições de conforto térmico e sua relação com a implantação, para que ao final seja possível definir a diferença em relação a estes dois edifícios.

Portanto, para se obter um conforto térmico de uma edificação é necessário um estudo do terreno, observando qual a posição em relação ao sol e qual projeto se adequaria a uma determinada região, aproveitando ao máximo os recursos naturais, sendo a luz solar e os ventos dominantes da região, disponíveis de cada região. Existem basicamente nove diferentes estratégias de atuação construtiva para a adequação do edifício ao clima a que está submetido: aquecimento artificial, umidificação, ar condicionado, ventilação para resfriamento, zona de conforto e resfriamento evaporativo. Analisar todas estas estratégias

ultrapassa os limites deste recorte. Aqui, considerando o edifício como um sistema térmico inserido em uma região geográfica com características determinadas, analisaremos a insolação por ser a que certamente apresenta impactos mais significativos no edifício.

Pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de melhorar o atual zoneamento bioclimático brasileiro. Zarate et al. (2008) desenvolveram um estudo para aprimorar os processos de interpolação de dados climáticos na classificação bioclimática da Norma NBR 15220-3. Roriz (2012a; 2012b; 2014), desenvolveu a proposta de um novo zoneamento que divide o Brasil em um total de 24 grupos (G), onde o Grupo 1 representa a zona climática mais fria e o Grupo 24 a zona climática mais quente. A proposta baseia-se na utilização de quatro parâmetros para classificar os climas: média anual da temperatura do ar; diferença entre a maior e a menor temperatura média mensal; média anual da amplitude térmica; e diferença entre a maior e a menor amplitude térmica mensal.

Jataí município do estado de Goiás localizado na latitude 17°52'33" sul e longitude 51°43'17" oeste, está no grupo 12, ou seja, há épocas do ano em que o clima está muito quente e outras épocas com o clima mais frio, se fazendo necessário um estudo de uma arquitetura bioclimática, que consiste na construção de edificações baseadas no clima local, proporcionando conforto térmico, integrando a estética do edifício ao ambiente em que está inserido (IBERDROLA, 2022), para que o edifício seja feito também pensando na eficiência energética. Sendo considerado um edifício com alta eficiência energética, aquele que proporciona o maior conforto térmico aos moradores com menor consumo energético, tanto de energia elétrica quanto de energia humana, que o próprio morador usa de seu organismo para se manter confortável termicamente.

No Condomínio Yes Park situado na rua Nestor de Assis, setor Hermosa de Jataí, foi construído, no mesmo terreno, dois edifícios com o mesmo volume, porém a implantação foi em direções diferentes, como pode se visto na figura 3.1 , afetando diretamente no conforto térmico, acústico e lumínico da construção. Com a análise da diferença da insolação solar nos dois edifícios construídos é possível observar e constatar se há algum um prédio mais eficiente energeticamente em relação a posição e a insolação recebida.

Portanto esse trabalho será dedicado a entender a relação entre a incidência solar e sua importância na implantação dos edifícios. Para isto, usaremos os edifícios já concluídos para análise, nos quais podemos verificar a mesma volumetria com implantações diferentes, possibilitando aferir o que foi proposto.

Na primeira parte, capítulo 2, deste trabalho falaremos sobre conceitos e definições de conforto térmico e eficiência energética, já na segunda parte, capítulo 3, será feito a caracterização do edifício, e serão estudados os parâmetros de análises para saber qual a melhor implantação do condomínio Yes Park, na terceira e última parte, capítulo 4, será realizado a caracterização da cidade Jataí, detalhando o clima e ventos dominantes da região, e também terá por fim os cálculos que provam se há um edifício mais eficiente energeticamente que o outro, qual essa diferença e se ela é significativa.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com o intuito de manter o conforto térmico e a eficiência energética do edifício, em relação aos usuários, é importante fazer um estudo de caso, entendendo o porquê da implementação de dois prédios em posições distintas e quais as implicações para uma melhor eficiência energética, assim auxiliando a implantação de futuras construções mais eficientes energeticamente.

Um estudo de caso sobre a eficiência energética do edifício se faz importante para que assim possa identificar possíveis falhas e possíveis soluções para que assim o edifício seja mais econômico energeticamente, com isso mais sustentável, pois reduziria o consumo de energia elétrica, acarretando em uma redução de emissão do gás carbônico (CO_2) pelas empresas que produzem e fornecem energia elétrica, e com investimentos em energia limpa, sempre que possível, também diminuir esse impacto no meio ambiente. Sendo assim, a eficiência energética é fundamental para atingir a maior sustentabilidade possível.

Com isso será possível identificar as melhores estratégias e soluções para que as construções prediais sejam mais eficientes, aumentando o desempenho energético da edificação.

Este estudo se justifica mais especificamente pela relevância da compreensão da eficiência energética para a construção civil.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo dessa pesquisa é saber como a implantação dos edifícios do condomínio Yes Park em Jataí – GO impacta na eficiência energética da superfície das edificações lá existentes. Isto pode subsidiar análises e decisões para implantações de novos empreendimentos. Soma-se a este objetivo a compreensão do desempenho energético dos edifícios a partir da incidência solar e a influência dos ventos atuantes como dissipadores de calor.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar se há diferença entre a incidência solar em edifícios com a mesma volumetria, mas com implantações diferentes em um mesmo empreendimento;
- Analisar as incidências solares nas faces dos prédios já finalizados do condomínio Yes Park;
- Analisar a intensidade e direções do vento da região de Jataí onde se encontra o condomínio Yes Park;

CAPÍTULO 2 CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Neste capítulo serão apresentadas fundamentações e definições importantes sobre o conforto térmico e a eficiência energética, a necessidade de utilização de luz ou ventilação natural capaz de garantir o maior conforto para os moradores do edifício, partes essas que servem para a análise do estudo de caso em questão.

2.1 CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico é a satisfação mental relacionada à temperatura proporcionada por um ambiente e as pessoas que estão nele, existindo um equilíbrio entre as temperaturas quentes e frias (Thórus Engenharia, 2020). De acordo com a *American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers* (Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado), o conforto térmico é o estado da mente que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda.

Portanto o conforto térmico está relacionado com a forma que o ambiente afeta a vida das pessoas, para que não se sinta muito frio nem muito calor, sem dificuldade para manter a temperatura normal do corpo, minimizando as diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente. Em relação à construção civil, o conforto térmico se alcança quando um ambiente apresenta temperatura adequada, que depende de vários fatores, tais como: entrada de ventilação; umidade do ar; variação de temperatura, etc, como pode ser observado na figura 2.1 abaixo.

Figura 2.1 – Diagrama do Conforto Térmico para um ser Humano

Diagrama do Conforto Humano



Fonte: Carolini Cigolini (2017)

Fazendo uma observação sobre a figura 2.1 acima conclui-se que para o clima ser considerado confortável termicamente, é necessário a região ter variação temperaturas entre 20°C e 30°C e a umidade variar entre 30% a 80%. Quando a temperatura está abaixo de 20°C é necessário maior quantidade de horas de sol para manter o conforto térmico, quando a temperatura está acima de 30°C o que aumenta o conforto térmico é a incidência maior de ventos na região. Quando a umidade está abaixo de 30% é necessário maior quantidade de ventos na região para que assim o clima não fique mais agradável, quando a umidade ultrapassa 80% é necessário mais horas de insolação para aumentar o conforto térmico.

Em relação a cidade de Jataí - GO, pode-se afirmar de acordo com o Climate-Data (2021) que é uma cidade onde o conforto térmico está na faixa de confortável, visto que é uma cidade com temperaturas média dos meses entre 21,5°C e 25,5°C e a umidade relativa variando entre 42% a 80%, esses dados também podem ser observados na figura 4.1.

De acordo com Roberto Lamberts (2016), através de uma aula realizada por Lamberts e publicado pela Universidade Federal de Santa Catarina, ao conhecer o clima da região é possível aplicar as melhores estratégias bioclimáticas de insolação, iluminação natural, chuva e ventos no local da construção, levando em consideração que se deve sempre avaliar qual o nível de conforto térmico que o edifício pretende proporcionar, e o custo que irá gerar para os moradores.

Os mais conhecidos métodos para realizar o cálculo do índice de conforto térmico de um ambiente, para condições climáticas do Brasil, são o Índice de Temperatura Efetiva, que de acordo com Padilha (2010) é definido como a temperatura de um ambiente de ar saturado e de velocidade nula que provoca no ser humano, a mesma sensação térmica resultante da combinação entre temperatura, umidade e velocidade relativa do ar. Porém o autor diz que esse método não é eficiente por não definir um intervalo de temperatura que proporciona conforto a um número significativo de pessoas.

O Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG), que de acordo com Barbiero (2004) é utilizado para a avaliação do stress térmico que situações ambientais extremas de frio e calor expõem um indivíduo. De acordo com Padilha (2010) esse método consiste em um índice de sobrecarga térmica, definido por uma equação matemática em relação a alguns parâmetros medidos em um ambiente, que varia em função da presença, ou não, de carga solar, segundo a norma NR-15, para isso são utilizadas as equações 2.1 e 2.2:

Para ambiente internos ou externos sem carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 * t_{bn} + 0,3 * t_b \text{ (equação 2.1)}$$

Para ambientes externos com carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 * t_{bn} + 0,1 * t_{bs} + 0,2 * t_g \text{ (equação 2.2)}$$

Em ambientes sem carga solar $t_{bs} = t_g$, temperatura de bulbo seco (t_{bs}) e temperatura globo (t_g).

A temperatura de bulbo úmido é obtida por um termômetro comum, no qual o bulbo será revestido por um tecido umedecido, já a temperatura de bulbo seco (t_{bs}) é a temperatura de

equilíbrio da mistura de ar e vapor que pode ser indicado por qualquer termômetro (Padilha, 2010). De acordo com Coutinho (2005) a temperatura de globo é a intensidade de radiação térmica existente em um ambiente.

Porém, para a finalidade deste trabalho não será utilizado esse método de medição de temperatura, apenas a incidência solar direta na superfície terrestre.

2.1.1 Intensidade e direção do vento

Segundo o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEE) da Universidade Federal de Santa Catarina em 2016, a geração do vento pode estar relacionada pela diferença de nível no terreno, presença de corpos de água e terra, assim como o sol, o vento pode gerar conforto ou desconforto térmico dentro de uma residência, durante o verão e o inverno o vento é diferente dependendo de cada localidade, a topografia, vegetação e edificações mudam a intensidade e direção do vento. O vento local pode ser medido com a ajuda de alguns instrumentos e também pode-se obter através de arquivos climáticos.

Portanto, a orientação, a implantação no terreno e o volume do edifício influenciam diretamente na mudança da ventilação natural, os elementos de vegetação e as superfícies edificadas modificam o ângulo de incidência e na intensidade em que o vento atingirá a edificação. O volume da edificação impacta o fluxo de vento ao alterar sua circulação no entorno imediato do espaço edificado. Para que a ventilação natural consiga atender melhor a edificação trazendo um maior conforto térmico é comum utilizar a vegetação para direcionar melhor o vento de acordo com as necessidades do local para que a sensação térmica seja estável e agradável.

Existem dois tipos de ventilação: a ventilação natural e a ventilação forçada. A ventilação natural é aquela causada pela diferença de pressão causada pelo vento, diferença de temperatura, ou seja, causas naturais. A ventilação forçada é aquela causada por equipamentos eletrodomésticos, ventilador, ar condicionado, etc.

A ventilação forçada ou ventilação artificial não será objeto de estudo neste trabalho, que será realizado em relação aos parâmetros climáticos predominantes e característicos da região de Jataí – GO.

Para determinar qual a condição de ventilação de qualquer ambiente é utilizada a determinação do número de trocas de ar que ocorrem a cada hora em cada ambiente de uma edificação, garantindo a qualidade desse ar, é recomendado uma quantidade específica mínima para essas trocas de ar. garantir a qualidade do ar em um ambiente, recomenda-se um número mínimo de trocas, conforme exposto na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Ventilação mínima necessária em ambientes

	Ar fresco requerido por pessoa (m ³ /h)
ESPAÇO DISPONÍVEL POR PESSOA (m ³)	MÍNIMO
3	40,7
6	25,6
9	18,7
12	14,4

Fonte: Lamberts et al (2016)

O número de trocas de ar por hora em um ambiente pode ser calculado por:

$$N = Q * 3600 / V \text{ (ren /h) (equação 2.1.1)}$$

O coeficiente de pressão do vento para loteamentos deve ser corrigido em função do afastamento da casa:

$$L = 2 * A \rightarrow \Delta C_{pl} = 60\% * \Delta C_P \rightarrow \text{sem obstruções (equação 2.1.2)}$$

$$L = A \rightarrow \Delta C_{pl} = 30\% * \Delta C_P \rightarrow \text{sem obstruções (equação 2.1.3)}$$

Deve-se corrigir a velocidade do vento, que é fornecida por estações meteorológicas a 10 metros de altura, para a altura do edifício.

$$V_z = V_{10} \times K \times Z^a \text{ (equação 2.1.4)}$$

K e A estão explícitos na tabela 2.2

Tabela 2.2 Coeficientes de cálculo do vento

ENTORNO	K	A
Campo aberto	0,68	0,17
Campo aberto com barreiras	0,52	0,20
Urbano	0,40	0,25
Centro	0,31	0,33

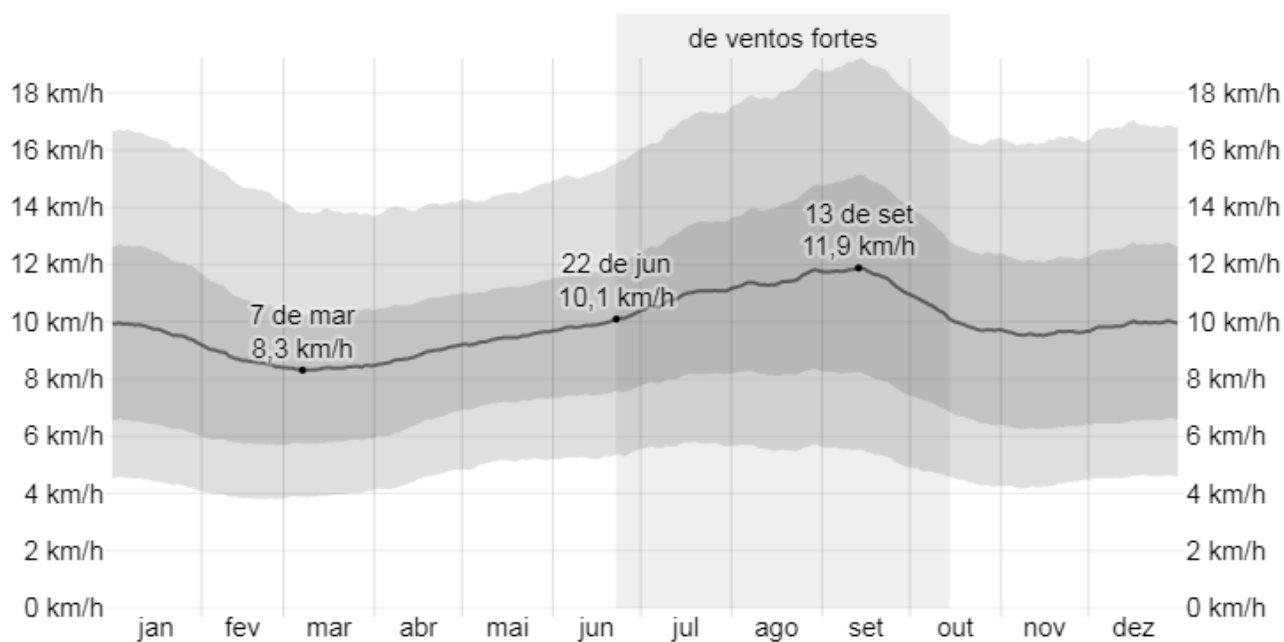
Fonte: LAMBERTS (2014)

Apesar de existir métodos para o cálculo, a ventilação forçada e a ventilação interna do ambiente, não serão objetos de estudo nesta pesquisa, portanto não serão incluídas a ventilação artificial e a variável de ventilação interna, por falta de acessibilidade em todos os apartamento dos edifícios do condomínio Yes Park, pois para esse caso a incidência solar e o aquecimento que ela proporciona mesmo sendo relevantes para o volume da edificação, demandam outras soluções que não as edificadas.

Para este estudo de caso o vento está atuando como um dissipador de calor das fachadas de cada um dos dois edifícios do condomínio Yes Park, com isso diminui a sensação de calor do edifício. Portanto, como objetivo é observar os dois edifícios fechados como um todo, não será considerada a área de janela, nem os ventos incidentes dentro de cada apartamento, fazendo apenas uma observação das orientações dos ventos dominantes da região e o impacto que eles possuem no conforto térmico do edifício.

Em Jataí a velocidade horária média do vento varia sazonalmente, com pequenas mudanças ao longo do ano, sendo a época do ano com mais ventos de junho a outubro, com velocidades médias maiores que 10,1 Km/h (quilômetros por hora); setembro é o mês com os ventos mais fortes, com 11,6 km/h de velocidade média horária. Entre os meses de outubro a junho é a época de ventos mais amenos, sendo março o mês com os ventos mais fracos com 8,4 km/h de velocidade média horária, como está explicitado na figura 2.2, onde a linha cinza escuro é a velocidade média horária do vento durante o ano de 2021.

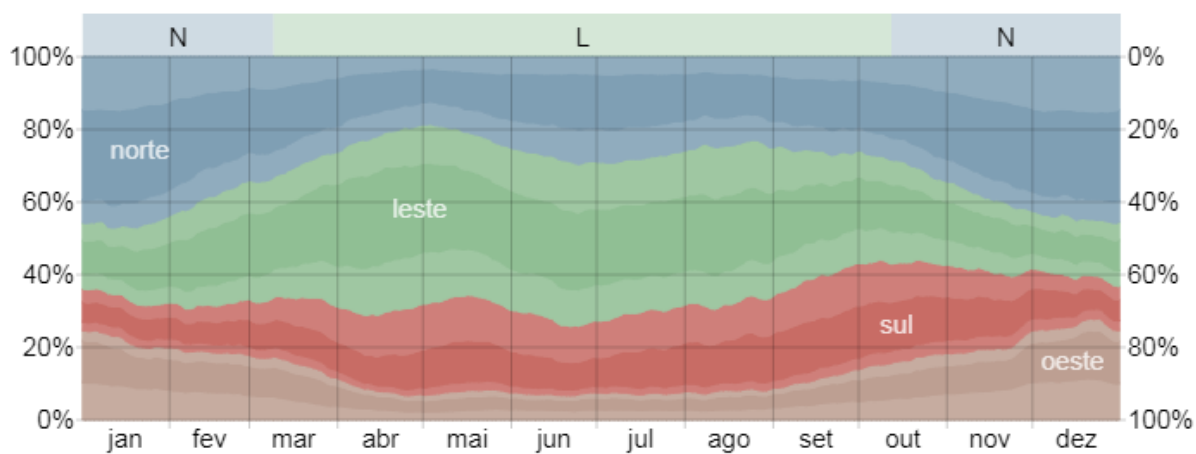
Figura 2.2 – Velocidade média dos ventos de Jataí



Fonte: WeatherSpark (2021)

A direção média dos ventos predominantes em Jataí também varia durante o ano, portanto entre os meses de março a outubro os ventos mais frequentes são provenientes do Leste, com a porcentagem máxima de 50%, do vento do Leste, em 24 de abril, entre os meses de outubro a março os ventos mais frequentes são oriundos do Norte, com a porcentagem máxima de 46%, do vento do Norte, em 1 de janeiro, como está explicitado na figura 2.3, mostrando a porcentagem de horas em que o vento tem em cada uma das quatro direções cardeais.

Figura 2.3 – Direção do vento em Jataí



Fonte: WeatherSpark (2021)

2.1.2 Incidência solar em um edifício

O planeta Terra realiza movimentos de rotação e translação que juntamente com a inclinação do eixo do planeta (de quase $23,5^\circ$), cobertura das nuvens, entre outros, são responsáveis por alterar a radiação solar em um determinado ponto terrestre, que quando absorvida e refletida pela superfície, altera a temperatura e o clima, mantendo o ambiente interno de um edifício aquecido. Portanto a incidência solar é a radiação que incide sobre uma determinada área na superfície da Terra.

Existem alguns métodos que permitem a medição da incidência solar em uma determinada região, podendo utilizar um piranômetro ou a carta solar.

A carta solar é a representação geométrica do percurso aparente do sol, sendo identificado com a altitude e o azimute solar sobre um plano, muito utilizado na construção civil para orientação de fachada, como pode ser observada na figura 2.4 e figura 2.5 abaixo. Para obter a incidência solar precisa sobrepor um transferidor sobre a carta solar, determinando os ângulos de sombreamento, o ângulo horizontal será formado entre a projeção do raio e o plano da fachada em planta baixa, o ângulo vertical frontal é formado pela projeção do raio perpendicular à fachada na visualização em corte e o ângulo vertical lateral mostrará a projeção solar em determinado período do ano na fachada do local.

Figura 2.4 – Carta Solar

08

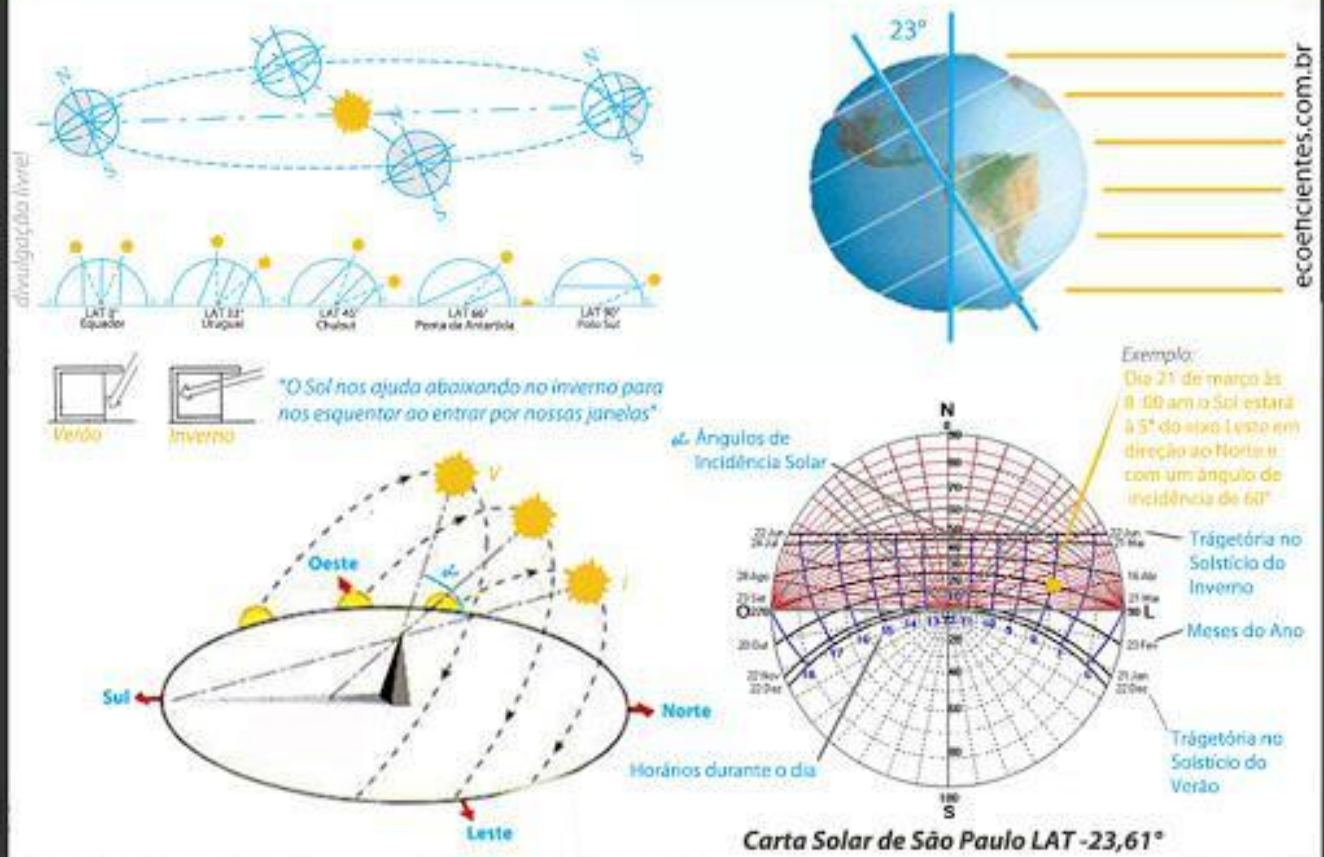


Carta Solar

Para controlar a incidência do Sol em nossa casa devemos saber por onde ele vai passar. Observamos que o movimento de Rotação da Terra é 23° Inclinado em relação ao de Translação. Isso significa que de acordo com a época do ano e a latitude da sua cidade, o Sol vai realizar seu percurso em determinada inclinação. Para saber qual o ângulo de incidência solar da sua cidade baixe APP's, como SkyView, faça cálculos com análises de sombras (triângulo de pitágoras), ou busque no Google a Carta Solar de sua região. Aprenda a ler a Carta Solar aqui!

Livro das Soluções Ecoeficientes

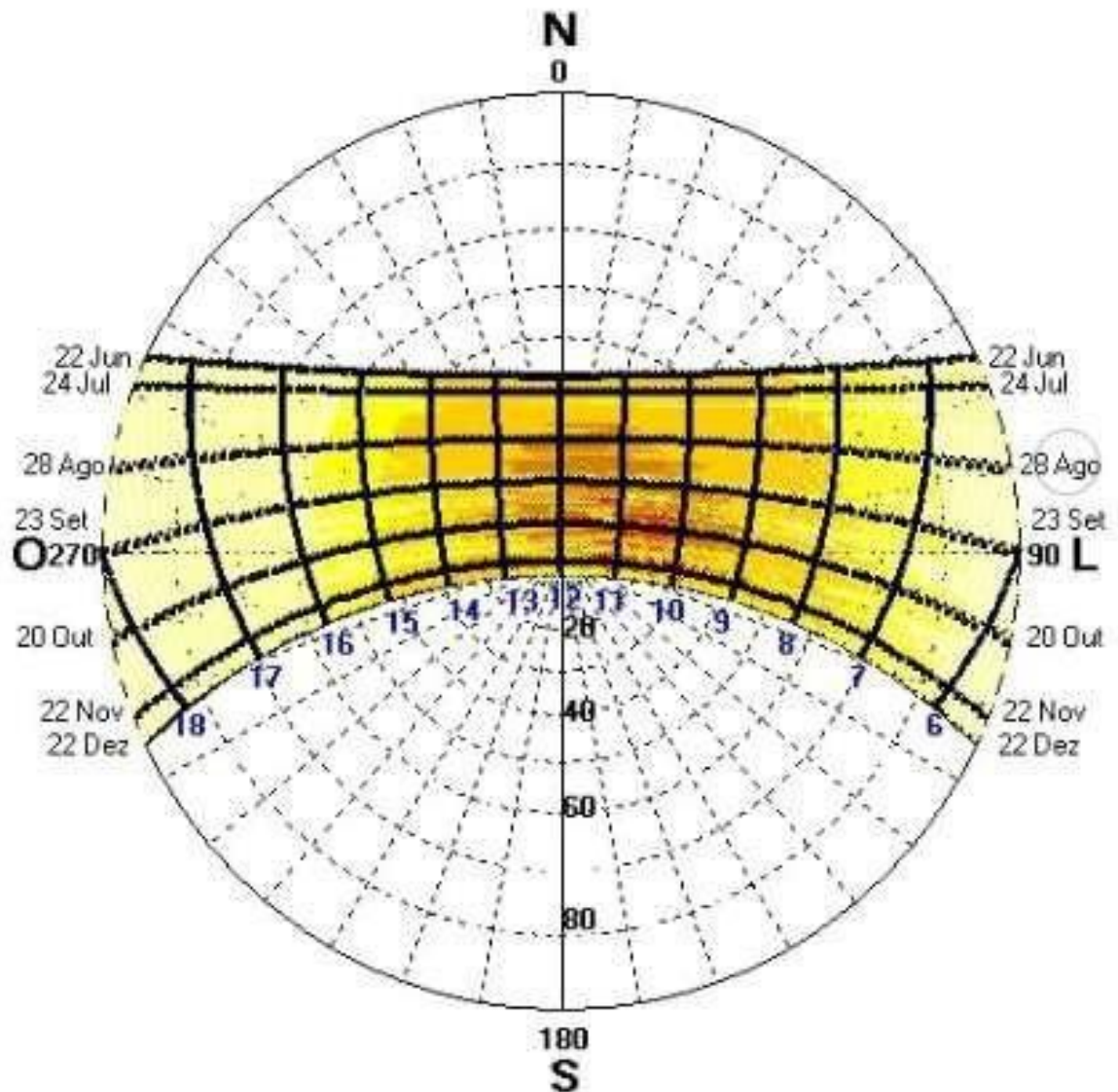
Bioclimática



PORTAL ECOEFICIENTES - INFORMAÇÃO LIVRE PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Fonte: Portal Ecoeficientes (2016)

Figura 2.5 - Carta Solar de Jataí-GO



Fonte: Sol-Ar 6.2 (2019)

É possível que se obtenha a incidência solar observando a posição do sol ao longo do dia juntamente com a carta solar, fatores que influenciam diretamente a iluminação natural e o conforto térmico do local, sendo necessário saber a orientação do sol em relação ao edifício em questão, utilizando a bússola, as janelas e portas direcionadas para o leste, receberão a radiação na parte da manhã, se direcionadas para o oeste, receberão a radiação solar no final da tarde. O Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB, 2018), permite

medir valores da radiação, a partir de uma ferramenta disponibilizada de cálculo de radiação solar com base nas coordenadas geográficas.

O estado de Goiás está localizado no “cinturão do Sol”, com um dos potenciais de energia solar mais favoráveis do Brasil. De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar os índices mais altos de irradiação solar são concentrados no nordeste do estado goiano. Segundo o levantamento do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2019), no estado de Goiás há uma incidência solar entre 2.000 e 2.500 horas de insolação por ano, estando acima da média nacional brasileira, sendo de 2.200 horas de insolação por ano.

2.2 INFLUÊNCIA DO CONFORTO TÉRMICO NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO

Eficiência energética por definição é a relação da quantidade de energia usada em alguma atividade e a disponibilizada para a sua realização (Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

O ambiente térmico interno de uma edificação é um fator fundamental que interfere no consumo energético e como consequência no modo de vida de uma pessoa, portanto relaciona o bem-estar físico, emocional e a saúde com o conforto térmico e a eficiência energética da construção, ou seja, é importante, ao projetar um edifício, considerar as condições térmicas do mesmo. Importa, portanto, garantir os parâmetros confortáveis para os espaços internos que são, em última análise, o palco para as atividades humanas.

O conforto térmico tem como objetivo garantir o conforto ambiental relacionado com a atividade que se desenvolve naqueles espaços. Se este conforto for garantido por meios naturais – ou maximizados – a consequência é que podemos efetivamente diminuir o consumo da energia elétrica necessária aos equipamentos mecânicos para garantir este conforto. Podemos associar o conforto com o grau de energia despendida por ações fisiológicas para a manutenção do equilíbrio térmico do corpo humano, quanto maior for esse grau, maior será a sensação de desconforto térmico, sendo assim o ambiente interno de uma edificação deve propiciar um conforto térmico para a maioria dos usuários (ITIMURA, 2010). De acordo com Ribeiro (2005), os estudos que relacionam temperatura e saúde têm apontado idosos e crianças como o grupo mais suscetível ao calor, sendo a temperatura o elemento principal associado ao conforto térmico. Segundo o Encontro Internacional sobre Gestão

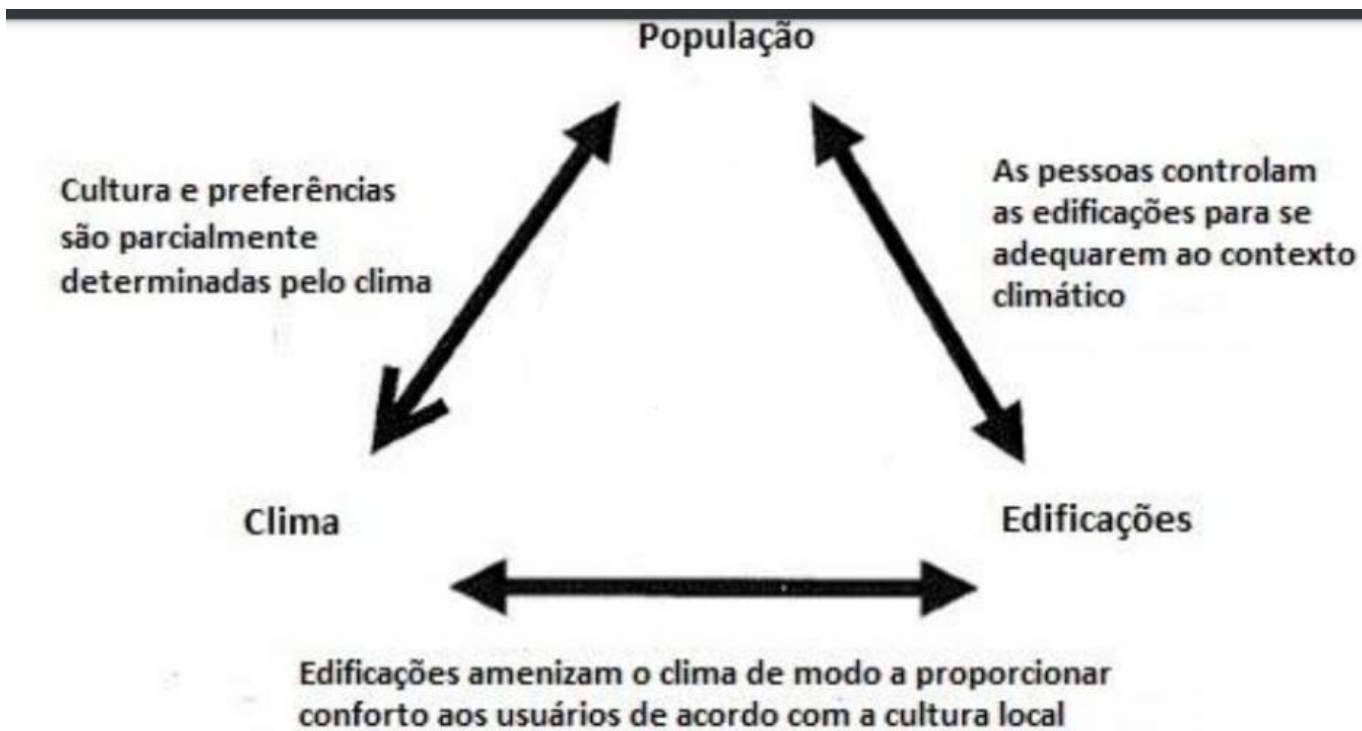
Empresarial e Meio Ambiente da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (ENGEMA USP) com o apoio da Fundação Instituto de Administração (FIA).

O microclima ou microclima urbano define-se como a alteração no clima de um determinado local, alterando principalmente na temperatura, e está relacionado com a influência de elementos urbanos, como edificações, jardins e praças. E em um centro urbano a temperatura tende a ser maior do que nas áreas rurais (Wagner de Cerqueira e Francisco).

Uma edificação influencia e modifica o microclima e o conforto da população local, fazendo-se necessário um diagnóstico climático para adequar a proposta de projeto às especificidades climáticas locais.

Com o intuito de diminuir o impacto da construção civil no ambiente são utilizados sistemas e dispositivos (que serão explicitados e mais a frente nessa pesquisa) para reduzir as altas temperaturas nos ambientes construídos, visando também reduzir o consumo de energia elétrica para climatização artificial. Como percebemos na figura 2.6 abaixo a população, o clima e as edificações estão diretamente interligadas.

Figura 2.6 – Relação clima-edificações-população



Fonte: Roaf et al (2005)

O condomínio Yes Park está inserido em um local muito pavimentado, com alguns prédios em seu entorno, além de várias novas construções, fazendo com que o microclima desse local seja mais quente, porém ao lado do condomínio Yes Park foi construído uma praça com uma área verde significativamente grande, capaz de amenizar o calor da região, fazendo com que o microclima seja mais confortável termicamente.

De acordo com Dutra, Lamberts e Pereira (1997), a forma arquitetônica do edifício tem grande influência no conforto ambiental e na quantidade de energia consumida na edificação, pois pode ou não favorecer na interferência direta dos fluxos de ar, quantidade de luz e calor solar recebidos, no exterior e interior, pelo edifício (Beatriz Arantes, 2013).

A quantidade de radiação solar que incide na edificação varia de acordo com a época do ano e a orientação de implantação da mesma, portanto a forma arquitetônica é uma importante variável para as condições de conforto dos ambientes interiores, e também para o desempenho energético da edificação.

2.3 RELAÇÃO DA POSIÇÃO E A ORIENTAÇÃO DE UM EDIFÍCIO E SEU CONFORTO TÉRMICO.

Arquitetos e engenheiros ao realizar um projeto, pensando em soluções construtivas para que os edifícios sejam adequados ao clima da região e os tornando eficientes energeticamente e ao mesmo tempo com um conforto térmico, levam em consideração a avaliação dos parâmetros construtivos em relação ao comportamento energético. O consumo de energia em uma edificação têm influência de várias características construtivas (materiais utilizados na construção), e a sua orientação geográfica, responsável por determinar o nível de insolação, as trocas de calor entre os ambientes externos e internos e qual o melhor posicionamento para ter um maior aproveitamento dos ventos locais para o edifício.

De acordo com estudos de Signor (1999), por existir vários parâmetros construtivos houve a necessidade de realizar testes para determinar aqueles parâmetros de maior importância para determinar qual o consumo de energia de um edifício, foram selecionadas as variáveis: área de fachada e cobertura, área total do edifício, razão de janela por fachada, fator de projeção, coeficiente de sombreamento dos vidros, transmitância da cobertura, absorção de radiação de onda curta incidente na cobertura e a densidade de carga interna (Mariana Vasconcelos Santana, 2006), calculado com a equação 2.3.1.

$$C=[(21,33 \cdot A_{cob} A_{total} + 18,21 \cdot A_{cob} \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} A_{total} + 15,58 \cdot A_{fach} A_{total} + 117,5 \cdot A_{fach} \cdot WWR \cdot SC A_{total} - 63,69 \cdot A_{fach} \cdot WWR \cdot SC \cdot PFA_{total} + 6,61 \cdot WWR - 5,3 \cdot WWR \cdot SC - 0,88 \cdot PF + 3,24 \cdot ILD + 0,32] \quad \text{equação (2.3.1)}$$

Segundo Tinker e Ghisi (2005), quanto maior as áreas de janela maior a consequência em ganhos ou perdas em excesso de calor, portanto pode causar um certo desconforto térmico em algumas épocas do ano, aumentando o uso de energia nas edificações com o aumento da porcentagem de janela na fachada (Francisco Alberto Costa Santos, Wilza Gomes Reis Lopes, Ana Lúcia Ribeiro Camilo da Silveira, 2015). Com o intuito de limitar o consumo de energia elétrica, Bulla (1999) apresentou valores limites para as propriedades das janelas em relação à orientação do edifício.

Segundo Arantes (2013) para que um edifício seja implantado com a orientação mais coerente em relação ao clima, sempre pensando na melhor forma que permite uma menor incidência da

insolação como elementos geradores de desconforto ambiental, o estudo deve ser realizado em função do percurso do sol que vai incidir sobre as fachadas e impactar no volume do edifício. Portanto, para melhorar o conforto nos espaços internos de uma edificação é importante considerar a incidência dos raios solares em todas as orientações existentes.

Além de manter o conforto térmico em relação a incidência solar, para obter maior eficiência energética, é preciso manter a qualidade do ar e promover maior conforto térmico no interior do edifício, obtendo um equilíbrio térmico entre os espaços resultante de uma ventilação natural, sendo uma das formas mais eficientes no verão para diminuir a temperatura do interior das habitações, porém no inverno o excesso de ventilação aumenta a necessidade de climatização dos ambientes internos de um edifício. Dependendo do posicionamento de uma edificação, a ventilação natural pode ser melhorada com a maior exposição das janelas e aberturas aos ventos prevalecentes.

CAPÍTULO 3 O EDIFÍCIO E A INSOLAÇÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho foi realizado com o auxílio de recursos didáticos e fontes de pesquisa bibliográficas, como: TCC's; artigos; livros; etc. Pensando em fazer estudos para indicar qual o edifício menos eficiente energeticamente é possível pensar em métodos de garantir o conforto térmico em todos os ambientes do prédio.

Esta pesquisa propõe realizar comparações entre os dois prédios do condomínio Yes Park, que já estão finalizados, para que assim possibilite a observação das áreas com maior tempo de incidência dos raios solares, com isso definir qual edifício terá um maior conforto térmico. A escolha deste objeto se deu em função de que os edifícios – apesar de possuírem alterações nas plantas e nos acessos a diferenciá-los – possuem volumetrias iguais e superfícies expostas à insolação equivalentes. Isso, metodologicamente, permite uma comparação entre a simples alteração na implantação das obras e sua relação com o conforto térmico. Esta característica privilegia este recorte: um mesmo terreno com edificações equivalentes e implantações opostas permitem uma rara oportunidade de análise referente aos efeitos da implantação.

Para a realização dessa pesquisa foi realizado um estudo de caso, que tem também como intenção entender e identificar problemas causados pela diferença de posição e orientação de dois edifícios iguais em volume e no mesmo terreno e empreendimento, apresentando uma solução mais viável para a edificação menos confortável termicamente e menos eficiente energeticamente.

O estudo do conforto térmico no edifícios do empreendimento Yes Park na cidade de Jataí, estado de Goiás, foi desenvolvido associando-se como a posição dos prédios juntamente com as incidências solares e ventilação natural nos mesmo comprometem o conforto térmico e a eficiência energética de cada edifício, levando em consideração a influência da área sombreada e área que serve como barreira de vento que um prédio interfere no outro.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O condomínio Yes Park em Jataí-GO, no qual está inserido os edifícios ilustrados na figura 3.1, é uma edificação com duas torres finalizadas e já em uso, na qual cada torre possui doze pavimentos, e em cada pavimento possui oito apartamentos residenciais, apresenta um partido arquitetônico retangular iguais em todas as dimensões, porém a implantação foi feita com direção da posição diferentes.

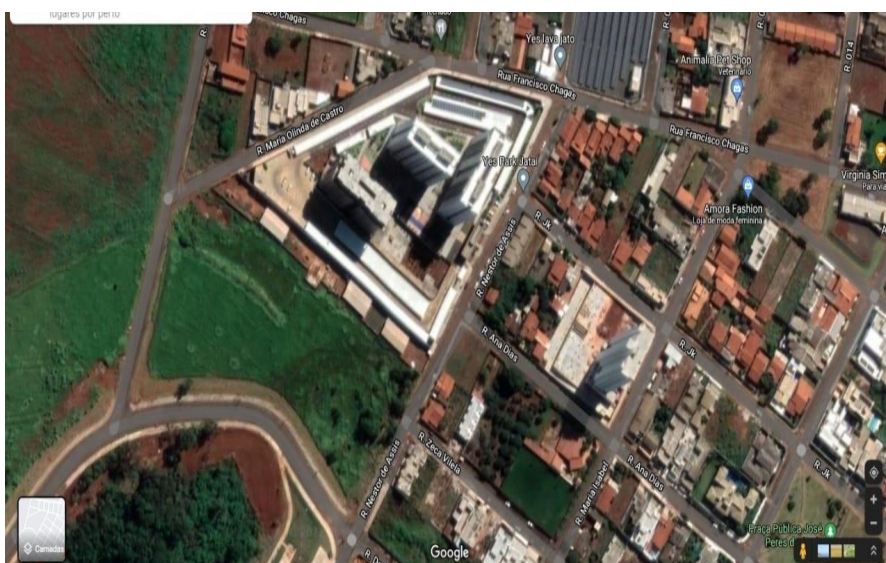
Figura 3.1 – Condomínio Yes Park Jataí



Fonte: Marcelo Costa Negócios Imobiliários (2018)

Na figura 3.2 pode-se perceber que atualmente (2021) a terceira torre está sendo finalizada para começarem a construir a quarta e última torre do empreendimento, porém essas últimas não serão objeto de estudo, apenas as duas já finalizadas. Para melhor identificação das torres, chamando a primeira torre de Bloco AB, posicionada próxima à rua Nestor De Assis, onde fica a entrada do condomínio e chamando a segunda torre de bloco CD, posicionada perpendicularmente à primeira torre.

Figura 3.2 – Imagem de satélite, condomínio Yes Park Jataí



Fonte: Google Maps (2021)

Através de dados obtidos pelo Google Maps, projetos de implantação do edifício e uso da rosa dos ventos, mostrada na figura 3.2, pode-se afirmar que as fachadas que estão à Oeste recebem incidência dos raios solares diretamente das 12:00 horas até 18:30 horas, as fachadas ao norte recebem incidência solar do nascer do sol até as 18:30 horas, as fachadas ao sul não recebem incidência solar direta durante todo o dia. Com a figura 3.2 pode-se observar a rosa dos ventos inclinada, mostrando a direção norte em relação à implantação das torres do condomínio Yes Park ao lado.

De acordo com Sol-Ar 6.2 (2019) a radiação média mensal da cidade de Jataí-GO varia entre aproximadamente 700Wh/m^2 e 950Wh/m^2 . Nos meses que serão realizados esse estudo de caso, de agosto a dezembro, a radiação solar estará no período crescente em que o calor começa a aumentar, podendo atingir o nível máximo de radiação, o que faz com que os usuários dos apartamentos possam se sentir desconfortáveis com o calor (Myllena Cansi Ferreira, 2019).

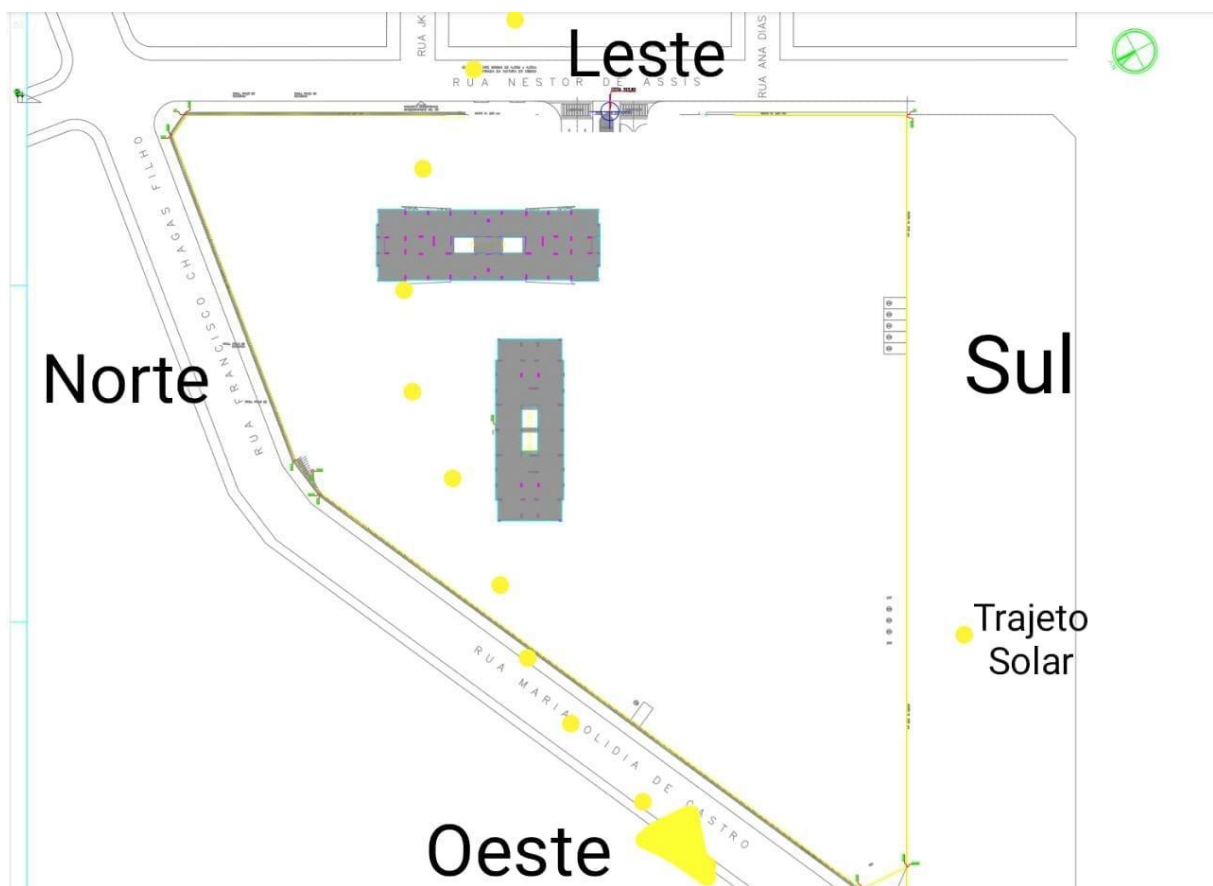
3.3 PARÂMETROS PARA ANÁLISES

Considerando a mesma volumetria de cada edifício, proteções solares, o fator solar dos vidros, a área de abertura e a orientação das fachadas é possível avaliar a incidência solar no

imóvel e com isso identificar o mais eficiente energeticamente e ao mesmo tempo com maior conforto térmico.

De acordo com Miguel Cantero (2021), deve-se verificar e observar o melhor posicionamento das janelas de um edifício em relação à luz solar, posição do sol no terreno e no edifício. A incidência solar em um ambiente fechado será maior quando as janelas estiverem voltadas para o norte, havendo uma economia significativa na conta de luz, pois terá iluminação durante todo o dia pelos raios solares. Nos casos de residências que têm suas janelas posicionadas para o sul, têm a tendência de ser mais frias e escuras, facilitando a proliferação de mofo com a falta de luz solar, como pode ser observado na figura 3.4, onde mostra o trajeto solar no condomínio Yes Park durante o dia de maior tempo de sol em Jataí, sendo do dia 27 de agosto de 2021.

Figura 3.3 – Posição solar das construções do condomínio Yes Park

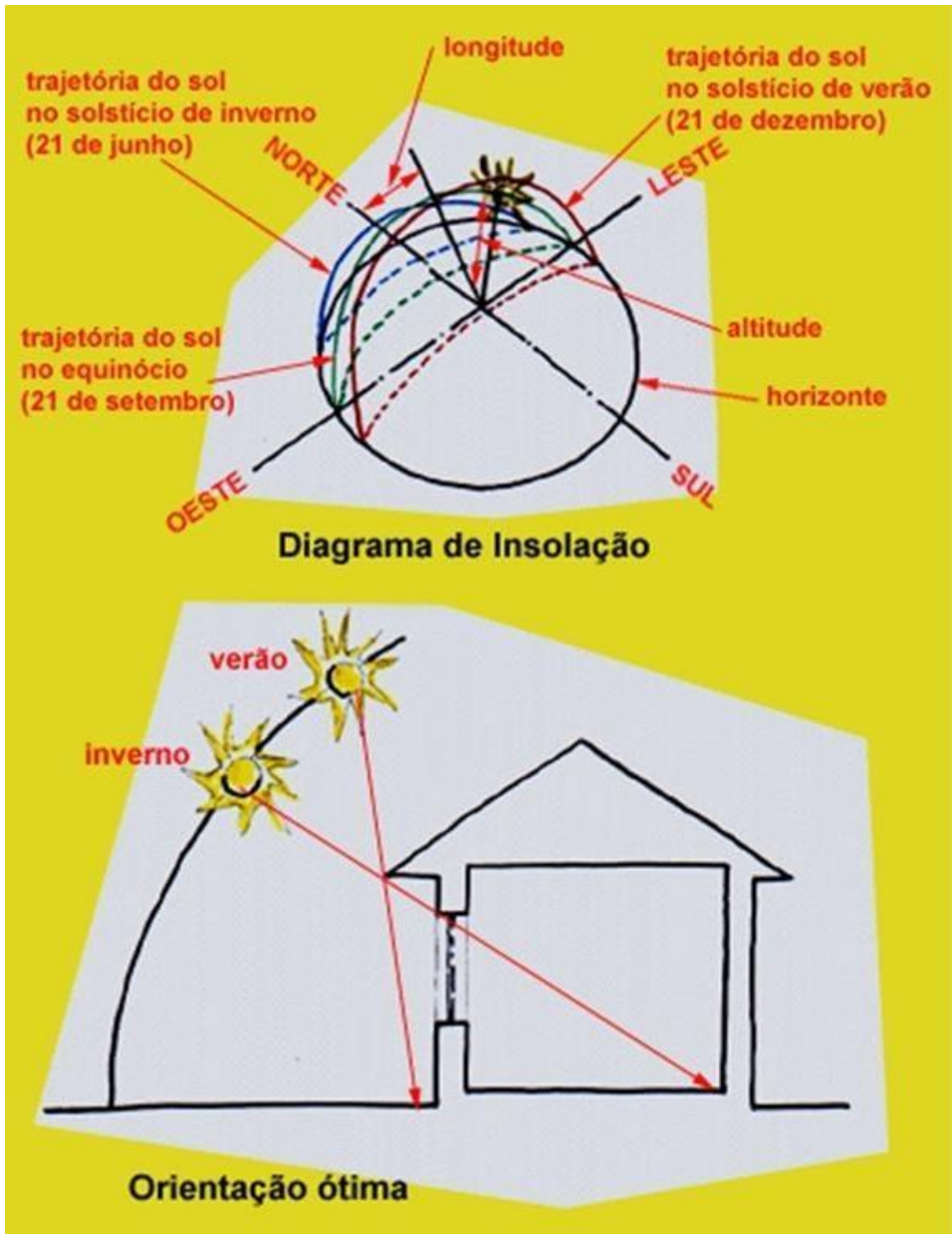


Fonte: Yes Park (2021)

Miguel Cantero (2021) também aponta que para a cozinha, banheiros e áreas de serviços, espaços onde há uma maior necessidade de luz solar, controla umidade e previne o mofo e o bolor, as janelas devem ser posicionadas para o norte. Para os quartos é melhor dar preferência às janelas voltadas para o leste, assim o sol incide durante a manhã e no final da tarde e à noite o ambiente fica mais fresco, na figura 3.4 é possível observar qual seria uma orientação considerada ótima para uma janela.

Ao fazer as ponderações necessárias pensando no melhor modo de usar a incidência solar em cada cômodo de um edifício, como consequência garante-se uma boa economia de energia elétrica, promovendo uma melhor qualidade de vida aos moradores.

Figura 3.4 – Insolação, A influência da radiação do sol nos edifícios



Fonte: Edifique

Ao analisar a posição das fachadas de janelas de uma construção deve ser levado em consideração o conforto térmico que irá gerar para os moradores, para o Brasil a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), apresenta as seguintes condições de conforto

recomendáveis para o verão, onde TTS é a temperatura do ar e U.R. é a umidade relativa, entre parênteses é a máxima temperatura e umidade relativa possível para se obter um maior conforto, indicadas na tabela 3.1 a seguir.

Tabela 3.1 – Temperatura e Umidade Relativa

LOCAL	TTS (°C)	U.R. (%)
Residências /Escritórios	23 - 25 (26,5)	40 – 60 (65)
Bancos /Supermercados	24 – 26 (27)	40 – 60 (65)
Teatros /Cinemas	24 – 26 (27)	40 – 65 (65)
Bares /Restaurantes	24 – 26 (27)	40 – 65 (65)

Fonte: Autor

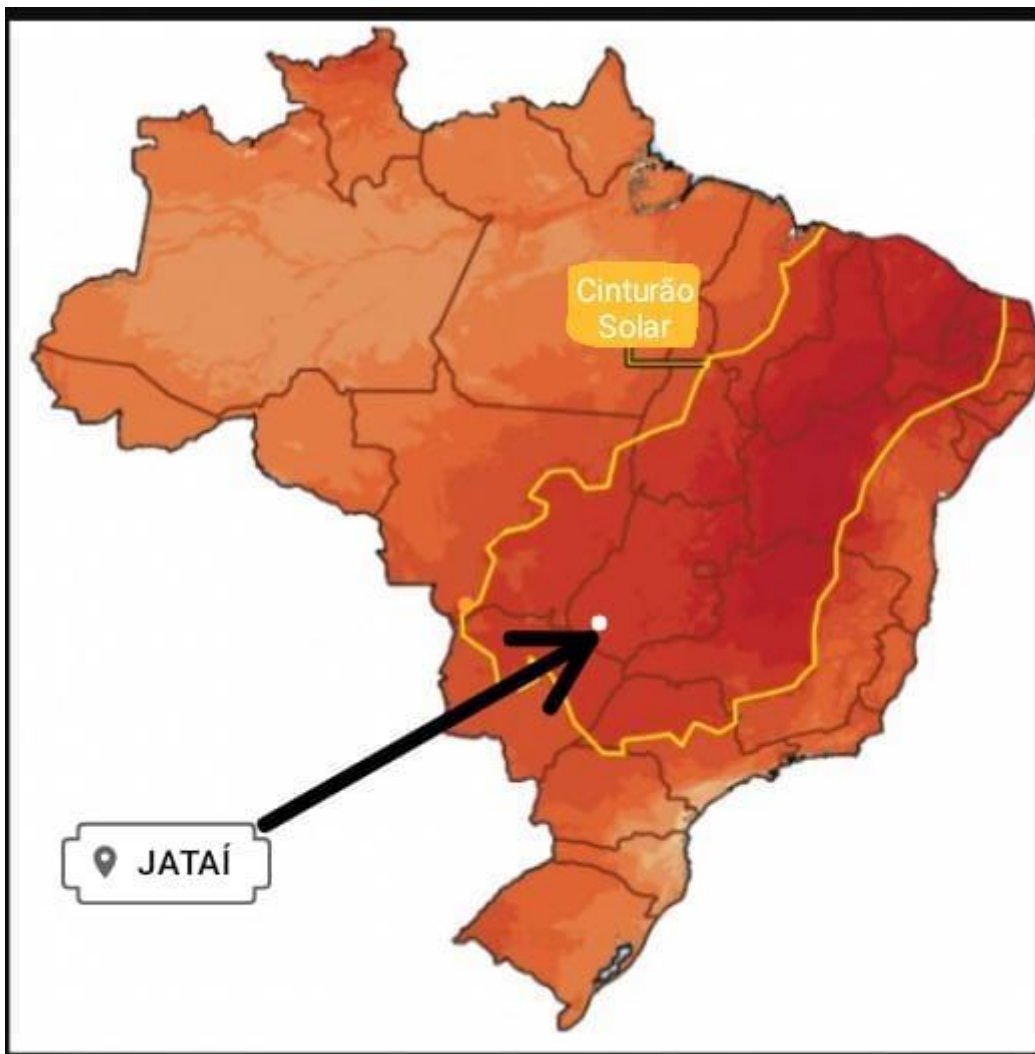
3.4 PARÂMETROS PARA CÁLCULO DA TEMPERATURA DOS EDIFÍCIOS

De acordo com o software Sol– Ar 6.2 (2019) temos que as coordenadas geográficas de Jataí – GO são de 17°52'33" de latitude Sul e 51°43'17" de longitude Oeste, com 741 metros de altitude (Myllena Cansi Ferreira, 2019).

Com esses dados é possível saber as informações sobre a irradiação solar na cidade em questão, a quantidade de radiação solar que penetra a atmosfera e chega à superfície de Jataí (média da relação R_s/Q_0 (R_s é a radiação solar global incidente ($MJ/m^2 \cdot dia$)) (Q_0 é a radiação solar no topo da atmosfera ($MJ/m^2 \cdot dia$)), em relação ao pesquisador E. J. Antunes Junior (2017), é de aproximadamente 0,58, de acordo com a Revista Engenharia na Agricultura em 2017. O índice de insolação média em Jataí é de 6,4 h/dia (horas por dia), e em relação à Kristinne Rodrigues da Silva, 2018, a irradiância solar média em Jataí é de 4,98 kWh/ $m^2 \cdot dia$.

Os valores altos de incidência solar acontecem pois o estado de Goiás está localizado no cinturão do Sol do Brasil, obtendo um alto nível de incidência de raios solares, como pode-se observar na figura 3.6 a seguir.

Figura 3.5 - Cinturão do Sol – Brasil



Fonte: Geopizza (2019)

Para que o cálculo e a comparação da eficiência energética entre os dois edifícios do condomínio Yes Park seja possível de serem realizados, além das informações da cidade de Jataí, que foram exemplificadas acima, será necessário a determinação de uma estimativa da hora e mês de pico solar, determinando o maior ganho de calor simultâneo de cada fachada, e determinação da carga térmica de pico ou carga de pico, sendo em função do ganho de calor de cada fachadas, através das paredes externas e suas características, como por exemplo a cor da tinta utilizada, presença de vidros (janelas).

Portanto, no item 4.1 será realizado a caracterização do clima, temperaturas máximas e mínimas de Jataí, para que assim seja feito a média das temperaturas e determinar qual mês do ano de 2021 têm maior carga térmica.

Segundo o professor Rudmar Serafim Matos, D. Sc, em seu estudo de Climatização para a Universidade Federal do Paraná, definiu algumas fórmulas para chegar à carga térmica de pico considerando a carga devido a insolação (equação 3.1), condução (equação 3.2), as pessoas, os equipamentos (equação 3.3 e equação 3.4), iluminação (equação 3.5) e a ventilação externa.

- Equações para as cargas devido:

1. Insolação;

Equação 3.1 - Insolação

$$Q_s = A * U * \Delta T_e$$

Q_s – carga devido a insolação (W, Watt = Joule /segundo)

A – área de exposição (m^2)

U – coeficiente global de transmissão de calor ($W /m^2 \text{ } ^\circ C$)

ΔT_e – acréscimo ao diferencial de temperatura dado pela figura 3.6, para superfícies opacas e pela imagem 3.7 para superfícies transparentes

Figura 3.6 - Diferencial de temperatura devido à insolação para superfícies opacas

COR ESCURA (preto, cinza escuro)	HORA	SE	E	NE	N	NO	O	SO	FORRO
	8	3,3	3,9						
	9	14,5	17,8	8,3					5,0
	10	17,8	24,4	14,4					16,1
	11	13,3	22,2	15,5					25,6
	12	6,7	15,0	13,3	0,5				32,8
	13		6,1	7,8	2,8				36,7
	14			1,1	3,3	1,1			38,3
	15				2,8	7,8	6,1		36,7
	16				0,5	13,3	15	6,7	32,8
	17					15,5	22,2	13,3	25,6
	18					14,4	24,4	17,8	16,1
	19					8,3	17,8	14,4	5,0
	20						3,9	3,3	
COR MÉDIA (vermelho, marron, cinza claro)	HORA	SE	E	NE	N	NO	O	SO	FORRO
	8	0,5	1,1						
	9	7,8	9,4	3,9					1,7
	10	10	14,4	8,3					9,4
	11	7,2	12,8	8,9					15,0
	12	2,8	8,9	7,2					20,0
	13		2,8	3,9					22,2
	14				0,5				23,3
	15					3,9	2,78		22,2
	16					7,2	8,9	2,7	20,0
	17					8,9	12,8	7,2	15,0
	18					8,3	14,4	10	9,4
	19					3,9	9,4	7,8	1,7
	20						1,1	0,5	
COR CLARA (branca, alumínio)	HORA	SE	E	NE	N	NO	O	SO	FORRO
	8	3,3							
	9	4,4	4,4	1,1					
	10	2,8	7,2	3,3					3,9
	11		6,1	3,9					7,8
	12		3,9	2,8					10,6
	13			0,5					12,2
	14								12,8
	15					0,5			12,2
	16					2,8	3,9		10,6
	17					3,9	6,1	2,8	7,8
	18					3,3	7,2	4,4	3,9
	19					1,1	4,4	3,3	
	20								

Fonte: Rudmar Serafim Matos

Figura 3.7 – Diferencial de temperatura devido à insolação para superfícies transparentes

Sem proteção contra insolação ou cortinas escuras	HORA	SE	E	NE	N	NO	O	SO	CLARABÓIAS
	6	24,4	26,1	11,1					2,2
	7	61,6	74,0	38,9					25,0
	8	70,5	96,2	58,4					65,0
	9	50,5	85,6	59,5					98,0
	10	21,6	58,4	48,4	3,9				123,0
	11	1,1	20,0	26,7	8,9				137,0
	12			5,0	10,6	5,0			142,0
	13				8,9	26,7	20,0	1,1	137,0
	14				3,9	48,4	58,4	21,6	123,0
	15					59,5	85,5	50,5	98,0
	16					58,4	96,2	70,5	65,0
	17					38,9	74,0	61,6	25,0
	18					11,1	26,1	24,4	2,2
Com cortinas claras ou persianas internas	HORA	SE	E	NE	N	NO	O	SO	CLARABÓIAS
	6	12,2	13,3	5,5					11,1
	7	31,1	37,2	19,4					12,8
	8	35,5	48,3	29,4					32,8
	9	25,5	42,8	30,0					48,9
	10	10,5	29,4	23,9	1,7				61,5
	11	0,5	10,0	13,3	4,4				66,4
	12			2,8	5,0	2,8			71,0
	13				4,4	13,3	10,0	0,5	68,4
	14				1,7	23,9	29,4	10,5	61,5
	15					30,0	42,7	25,5	48,9
	16					29,4	48,3	35,5	32,8
	17					19,4	37,2	31,0	12,8
	18					5,5	13,3	12,2	7,8
Com persianas externas	HORA	SE	E	NE	N	NO	O	SO	CLARABÓIAS
	6	7,2	7,8	3,3					
	7	18,3	22,2	11,6					
	8	21,0	28,9	17,8					
	9	15,0	25,5	17,8					
	10	6,6	17,8	14,4	1,1				
	11		6,1	7,8	2,8				
	12			1,7	3,3	1,6			
	13				2,8	7,8	6,1		
	14				1,1	14,4	17,8	6,6	
	15					17,8	25,5	15,0	
	16					17,8	28,9	21,0	
	17					11,6	22,2	18,3	
	18					3,3	7,8	7,2	

Fonte: Rudmar Serafim Matos

Para o caso dos blocos AB e CD, figuras 4.5 e 4.6, do condomínio Yes Park em Jataí, Goiás, serão utilizados da figura 3.6 os parâmetros de cor média, nas direções norte (N), leste (E) e oeste (O) de acordo com a orientação de cada fachada dos blocos, sempre utilizando os valores mais críticos. Da figura 3.7 os parâmetros com cortinas ou persianas internas, nas direções norte (N), leste (E) e oeste (O) de acordo com a orientação de cada fachada dos blocos, sempre utilizando os valores mais críticos, como especificado nas tabelas 3.2 e 3.3.

Tabela 3.2 – Parâmetros utilizados de acordo com a imagem 3.6 para os blocos AB e CD do condomínio Yes Park

Blocos	Fachada	A	B	C	D
AB		14,4	0,5	14,4	Sem radiação solar direta
CD		0,5	14,4	Sem radiação solar direta	14,4

Fonte: Autor

Tabela 3.3 – Parâmetros utilizados de acordo com a imagem 3.7 para os blocos AB e CD do condomínio Yes Park

Blocos	Fachada	A	B	C	D
AB		48,3	5,0	48,3	Sem radiação solar direta
CD		5,0	48,3	Sem radiação solar direta	48,3

Fonte: Autor

2. Condução;

Equação 3.2 - Condução

$$Q_s = A * U * \Delta T$$

Qs – carga devido a condução (W)

A – área da superfície normal ao fluxo (m²)

U – coeficiente global de transmissão de calor (W/m² °C)

ΔT – diferença de temperatura (°C)

3. Pessoas;

A carga devido às pessoas acontece pelo fato de todo ser humano emitir calor (latente e sensível), com isso através da NBR 6401, tabela 12, é normatizado os valores do calor liberado pelas pessoas em função da temperatura e da atividade. A seguir na figura 3.9 têm a tabela descrita anteriormente.

Figura 3.8 – Tabela 12, NBR 6401

Tabela 12 - Calor liberado por pessoas (kcal/h)												
Local	Metabolismo homem adulto	Metabolismo médio ^(A)	TBS									
			28		27		26		24		21	
			S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
Teatro, escola primária	98	88	44	44	49	39	53	35	58	30	65	23
Escola secundária	113	100	45	55	48	52	54	46	60	40	68	32
Escr., hotéis, apartamentos, Univ.	120	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
Supermercados varejistas, lojas	139											
Farmácias, drogarias	139	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
Bancos	139											
Restaurante ^(B)	126	139	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58
Fábrica, trabalho leve	202	189	48	141	55	134	62	127	74	115	92	97
Salão de baile	227	214	55	159	62	152	69	145	82	132	101	113
Fábrica, trabalho moderadamente pesado	252	252	68	184	76	176	83	169	96	156	116	136
Boliches, fábricas, ginásios ^(C)	378	365	113	252	117	248	122	243	132	233	152	213

S = sensível

L = latente

Fonte: NBR 6401 (1980)

4. Equipamentos;

a) motor do ventilador:

Equação 3.3 – Equipamentos 1.1

$$Q_s = \frac{P * 733}{\eta}$$

b) outros motores que permaneçam no recinto condicionado

Equação 3.4 – Equipamentos 1.2

$$Q_s = \left(\frac{P}{\eta} - P \right) * 733$$

Qs – ganho de calor do motor (W)

P – potência do motor (CV)

η – rendimento do motor

5. Iluminação;

Equação 3.5 - iluminação

$$Q_s = P$$

Qs – ganho de calor devido a iluminação (W)

P – potência das lâmpadas (W)

6. Ventilação externa

a) Equação 3.6 – calor sensível

$$Q_s = \rho_l * c_p * V_e * (t_e - t_s)$$

Qs – calor sensível devido ao ar externo (W)

ρ_l – densidade do ar ajustado para a altitude local (equação 3.6.1)

c_p – calor específico do ar seco (kJ/kg * °C)

V_e – vazão de ar externo (1/s)

t_e – temperatura do ar externo (°C)

t_s – temperatura interna da sala (°C)

- Equação 3.6.1 – densidade do ar ajustado

$$\rho_l = 101,325 * (1 - 2,25569 * 10^{-5} * L)^{5,2561}$$

L – altitude (m)

b) Equação 3.7 – calor latente

$$Q_l = \rho_l * c_p * V_e * (w_e - w_s)$$

Q_l – calor latente devido ao ar externo (W)

ρ_l – densidade do ar ajustado para a altitude local (equação 3.6.1)

c_p – calor específico do ar seco (kJ/kg* °C)

V_e – vazão de ar externo (1/s)

w_e – umidade específica externo (g/kg ar seco)

w_s – umidade específica interna da sala (g/kg ar seco)

O objetivo de explicitar essas equações neste trabalho foi demonstrar que há mais de uma forma para calcular o calor e a incidência solar nos edifícios, porém a escolha da melhor forma de calcular foi levado em consideração o cálculo para a utilização da incidência solar para o dia com o maior tempo (horas) de sol sem nenhuma interferência de nuvens e chuva.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

4.1 O CLIMA LOCAL

De acordo com um estudo realizado pela empresa Cedar Lake Ventures, Inc., criadores do site WeatherSpark.com, é possível obter dados sobre os ventos dominantes e direções dos mesmos em Jataí-GO. Durante um ano Jataí têm uma velocidade horária média de ventos que passa por pequenas variações sazonais, sendo a época com mais ventos com sua duração em cerca de 3 a 7 meses, mais comumente entre os meses de junho até outubro, com a velocidade média acima de 10 Km/h, a época mais calma do ano dura de 3 a 8 meses, comumente entre os meses de outubro até junho, com a menor velocidade em março com 8,3 Km/h. Assim como a velocidade, a direção do vento em Jataí também varia durante o ano, de março até outubro o vento é proveniente com mais frequência do leste, nos meses de outubro a março o vento é proveniente com mais frequência do norte.

Em relação a horas diárias de radiação solar na cidade de Jataí, estado de Goiás, o mês de agosto tem uma média de 10,13 horas de sol por dia, sendo a maior média de todo o ano, porém o mês de setembro é o mês mais quente, com a temperatura média de 25.1°C, e a menor média de temperatura se observa no mês de julho, sendo a média de 21.0°C (MERKEL, 2021).

Na figura 4.1 a seguir observa-se os dados mensais da maior, menor e a média de temperatura por mês, também é possível identificar as horas de sol, umidade e chuva por mês de acordo com Alexandre Merkel (2021).

Figura 4.1 – Dados Climáticos para Jataí

DADOS CLIMATOLÓGICOS PARA JATAÍ

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	23.6	23.7	23.5	23.1	21.5	21	21.2	23.1	25.1	24.9	23.8	23.7
Temperatura mínima (°C)	20.4	20.3	20	19	16.6	15.8	15.6	17.1	19.6	20.4	20.2	20.4
Temperatura máxima (°C)	27.8	28.2	28.1	27.9	26.9	26.9	27.4	29.5	31.2	30.3	28.4	28
Chuva (mm)	251	217	223	102	36	12	7	16	66	150	211	243
Umidade(%)	80%	80%	80%	73%	65%	59%	51%	42%	47%	64%	77%	80%
Dias chuvosos (d)	18	17	18	10	4	1	1	2	6	14	17	19
Horas de sol (h)	8.9	8.9	8.3	8.9	8.9	9.1	9.6	10.1	10.0	10.0	9.1	8.9

Fonte: Merkel, Alexandre (2021)

4.2 CONCLUSÃO

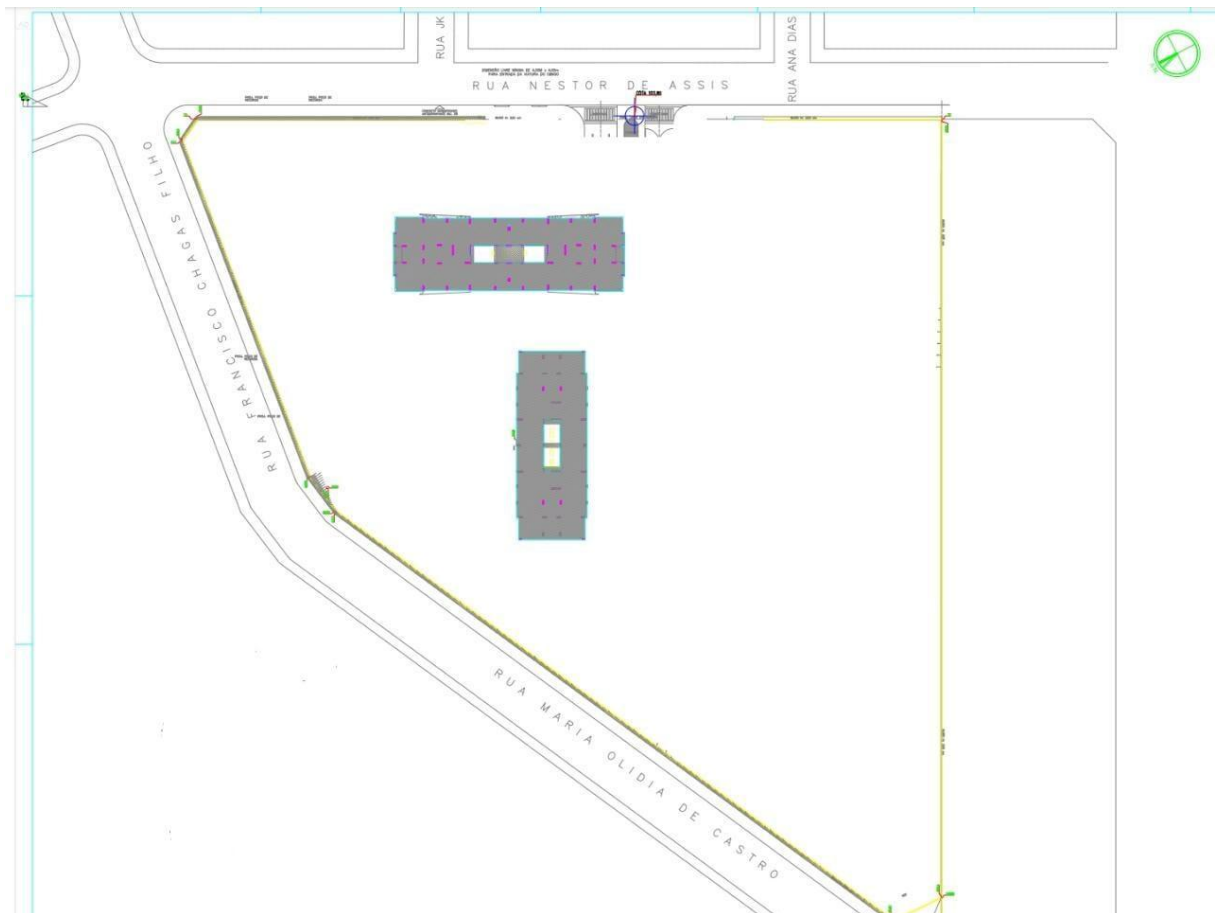
Observa-se na figura 4.2 a disposição dos edifícios do condomínio Yes Park, esse estudo se baseia nos blocos AB (figura 4.5) e CD (figura 4.6), visto que os blocos adjacentes a eles ainda não foram finalizados, na figura 4.3 é melhor demonstrado os blocos AB e CD no terreno do condomínio Yes Park.

Figura 4.2 – Planta de Locação



Fonte: Yes Park (2021)

Figura 4.3 – Planta de Locação dos blocos AB e CD



Fonte: Condomínio Yes Park

Para realizar os cálculos que possibilitam a comparação da eficiência energética, considerando a insolação, entre os dois edifícios do condomínio Yes Park, será, portanto, considerado as mesmas condições de uso dos prédios, possibilitando o cálculo da quantidade de calor que cada fachada recebe durante um dia com maior incidência solar, diferenciando apenas a insolação recebida por cada fachada no horário de pico de carga térmica solar. A figura 4.4 exemplifica a planta de situação do condomínio e o trajeto percorrido pelo sol durante o dia, como visto na figura 3.4, onde mostrava a planta de locação com apenas os dois edifícios construídos, bloco AB e bloco CD, e o trajeto do sol, para o dia de maior tempo de sol em Jataí - GO.

Figura 4.4 – Planta de Situação



Fonte: Yes Park (2021)

Figura 4.5 – Bloco AB

Fonte: Yes Park (2021)

De acordo com os dados da figura 4.1 o mês com maior média de horas solar por dia, em Jataí, é o mês de agosto com uma média de 10,1 horas solar diária, sendo dia 27 de agosto de 2021 o dia com a maior horas de sol, com o nascer do sol às 6 horas e 20 minutos e o pôr do sol às 18 horas e 05 minutos, o dia não teve nuvens no céu nem chuvas, ou seja teve 11 horas e 45 min de sol. Como esse estudo está sendo baseado no máximo, não será objeto de estudo a média nem a mínima.

De acordo com o Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a radiação do Sol, recebida aqui no planeta Terra, tem um fluxo de 1390 Joules por metro quadrado por segundo, sendo assim é possível calcular para uma superfície a insolação total que a mesma recebe, como é feito na tabela 4.1 para os blocos AB e CD, que podemos observar as fachadas nas figuras 4.5 e 4.6, do condomínio Yes Park.

Com esses dados é possível o cálculo da insolação total em cada fachada de cada edifício do condomínio Yes Park. Ao identificar cada fachada e sua orientação, define-se a quantidade de horas que cada fachada recebe de insolação direta. O fluxo de radiação solar é de 1390 Joules por metro quadrado por segundo, sendo assim passando os segundos e minutos para horas e realizando uma regra de três, têm-se a insolação direta em Joules por metro quadrado, e ao multiplicar com a área de cada fachada, ao final obtém a insolação total direta em cada fachada dos edifícios do condomínio Yes Park.

Tabela 4.1 – Tabela do cálculo de insolação para os blocos AB e CD do condomínio Yes Park - Jataí

Bloco	Fachada	Metros ²	Orientação Geográfica	Horas de Sol direto	Insolação direta (Megs Joules/m ²)	Insolação Total direta (MJ)
Bloco AB	A	4384,08	Leste	5:40	28,15 MJ/m ²	123.411,85 MJ
	B	1426,68	Norte	11:45	58,33 MJ/m ²	83.218,24 MJ
	C	4384,08	Oeste	6:05	30,20 MJ/m ²	132.399,22 MJ
	D	1426,68	Sul	0	0	0

Bloco	A	4384,08	Norte	11:45	58,33 MJ/m ²	255.723,39 MJ
	B	1426,68	Oeste	6:05	30,20 MJ/m ²	43.085,74 MJ
	C	4384,08	Sul	0	0	0
CD	D	1426,68	Leste	5:40	28,15 MJ/m ²	40.161,04 MJ

Fonte: Autor

Tabela 4.2 – Comparação da Insolação Total dos blocos AB e CD do condomínio Yes Park - Jataí

Bloco	Insolação TOTAL (Mega Joules)
AB	338.997,17 MJ
CD	339.029,31 MJ

Fonte: Autor

Analisando separadamente cada bloco, podemos afirmar que no bloco AB a fachada menos eficiente energeticamente é a fachada C e a mais eficiente energeticamente é a fachada B, em relação ao calor, temperaturas elevadas e incidência solar direta, a fachada com maior conforto térmico é a fachada D, como foi demonstrado na tabela 4.1.

No bloco CD a fachada menos eficiente energeticamente é a fachada A e a mais eficiente energeticamente é a fachada D, em relação ao calor, temperaturas elevadas e incidência solar direta, a fachada com maior conforto térmico é a fachada C, como demonstrado na tabela 4.1.

Analisando as fachadas dos blocos AB e CD em relação aos ventos dominantes na região em que o condomínio Yes Park está inserido em Jataí – Go, conclui-se que as fachadas A (direcionado ao leste) e B (direcionada ao norte) do bloco AB e as fachadas A (direcionada ao norte) e D (direcionada ao leste) do bloco CD recebem diretamente maior volume de vento durante um ano, fazendo com que essas fachadas tenham uma troca de ar maior do que as outras fachadas, aumentando assim o conforto térmico interno dos apartamentos localizados nas fachadas leste e norte.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho foram feitos muitos estudos sobre o conforto térmico e a eficiência energética, com a finalidade de fazer uma comparação entre os dois edifícios do condomínio Yes Park, podendo definir qual o mais eficiente energeticamente e que causa maior conforto térmico.

Os blocos AB e CD do condomínio Yes Park apresentam a mesma volumetria, porém com a implantação em direção diferente, e com os dados sobre a insolação e temperatura se fez possível de calcular a possível diferença na quantidade de calor recebida por cada bloco construído.

Portanto, ao comparar os dois blocos, demonstrado na tabela 4.2, pode-se concluir que o edifício mais eficiente energeticamente, e conseqüentemente mais confortável termicamente, é o edifício nomeado de Bloco AB.

Através destas análises, ficaram evidentes que a implantação dos edifícios levaram em consideração variáveis como o paralelismo da via, a menor distância de acesso para os pedestres, privilégio de visão para o parque próximo e a subordinação ao espaço do estacionamento. Os blocos com as fachadas ao norte e ao oeste são as mais prejudicadas. Alterações na implantação - como a inclinação do bloco a sudeste ou sul - poderia certamente diminuir a incidência sobre as superfícies e, portanto, propiciar um melhor conforto na superfície de vedação. Aqui cabe analisar o que a decisão responsável pela realização do edifício desencadeou e permitir decisões projetuais que melhorem os níveis de conforto, de qualidade construtiva e garantindo o aumento da vida útil do espaço construído.

Apesar de que as fachadas D, do bloco AB, e C, do bloco CD, serem posicionadas na direção Sul e não recebem incidência solar direta, têm-se uma vista privilegiada para o Parque Ecológico das Brisas, localizado na Rua Luzia Miranda, Setor Hermosa em Jataí – Go, fazendo com que os apartamentos nessas fachadas sejam mais frescos na época do verão intenso, porém muito mais frios na época do inverno.

Portanto, em relação à implantação dos dois edifícios do condomínio Yes Park em Jataí – Go, bloco AB e bloco CD, a melhor solução seria que as implantações seguissem o modelo do

bloco AB, como isso não foi realizado, visto que os dois blocos já estão prontos e em uso, deve-se recorrer à medidas paliativas para que melhore o conforto térmico e consequentemente aumenta a eficiência energética. Como explicitado anteriormente, para as fachadas que recebem mais insolação direta a melhor solução seria uso de brises.

CAPÍTULO 5 REFERÊNCIAS

ABESCO. O que é Eficiência Energética: fazer mais com menos energia. isso é eficiência energética.. Fazer mais com menos energia. Isso é eficiência energética.. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>. Acesso em: 10 jul. 2021.

ANTÔNIO, Sebastião Mário Damião. ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÕES. 2016. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10017994.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2021.

ANTUNES, Nathalia. Luz solar: sua importância e no impacto arquitetônico. Disponível em: <https://blog.instacasa.com.br/luz-solar-sua-importancia-e-impacto-no-projeto-arquitetonico/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

ARANTES, Beatriz. CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL - UM ESTUDO DE CASO. 2013. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91724/arantes_b_me_bauru.pdf. Acesso em: 14 jul. 2021

BRAGA, Laura Caixeta. ESTUDO DE ASPECTOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES COM UMA ABORDAGEM DE AUTOMAÇÃO PREDIAL. 2007. Disponível em: https://www.ppgee.ufmg.br/documentos/Defesas/713/Dissert_Laura_revisada_final.pdf. Acesso em: 08 jul. 2021.

CANTERO, Miguel. 5 dicas de como avaliar a incidência solar no imóvel. 2021. Disponível em: <https://blog.movingimoveis.com.br/5-dicas-de-como-avaliar-a-incidencia-solar-no-imovel/>. Acesso em: 03 out. 2021.

CB3E, Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. Novo método de avaliação de eficiência energética de edificações residenciais. 2018. Disponível em: https://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Novo%20m%C3%A9todo%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20efici%C3%Aancia%20energ%C3%A9tica%20de%20edifica%C3%A7%C3%B5es%20residenciais_0.pdf. Acesso em: 03 jul. 2021.

DECORA, Viva. Descubra como conseguir conforto térmico em qualquer ambiente! 2021. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/arquitetura/conforto-termico/>. Acesso em: 02 jul. 2021.

DECORA, Viva. Orientação solar - arquitetura. 2018. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/curiosidades/orientacao-solar-arquitetura/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

DG, Fernanda. Dicas sobre a posição solar das construções. 2020. Disponível em: <https://dicasdearquitetura.com.br/dicas-sobre-a-posicao-solar-das-construcoes/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

DG, Fernanda. DICAS SOBRE A POSIÇÃO SOLAR DAS CONSTRUÇÕES. 2020. Disponível em:

<https://dicasdearquitetura.com.br/dicas-sobre-a-posicao-solar-das-construcoes/>. Acesso em: 16 out. 2021.

ECOVOLTAICA, Energia Fotovoltaica. INCIDÊNCIA SOLAR: COMO MEDIR? Disponível em:

<https://ecovoltaica.com.br/incidencia-solar-como-medir/#:~:text=Para%20medir%20a%20radia%C3%A7%C3%A3o%2C%20ele,gerado%20num%20componente%20chamado%20termopilha..> Acesso em: 12 jul. 2021.

ENGEMAUSP. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO EM RESIDÊNCIAS COMO MEDIDAS DE SUSTENTABILIDADE E DE PROMOÇÃO DA SAÚDE. Disponível em: <http://engemasp.submissao.com.br/21/arquivos/209.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2021.

ENGENHARIA, Thórus. Conforto Térmico na Arquitetura: o que é e como garanti-lo? 2020. Disponível em: <https://thorusengenharia.com.br/conforto-termico-na-arquitetura/>. Acesso em: 02 jul. 2021.

ENGEPOLI. O que é conforto térmico. Disponível em: <https://engepoli.com/o-que-e-conforto-termico/>. Acesso em: 07 jul. 2021.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Eficiência Energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica>. Acesso em: 24 jun. 2021.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "Microclima urbano"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilestela.uol.com.br/geografia/microclima-urbano.htm>. Acesso em 08 de fevereiro de 2022.

IMOVELWEB. Planejamento e Mudança: aprenda a avaliar a incidência solar no imóvel. Aprenda a avaliar a incidência solar no imóvel. Disponível em: <https://www.imovelweb.com.br/noticias/planejamento-e-mudanca/aprenda-a-avaliar-a-incidencia-solar-no-imovel/>. Acesso em: 07 out. 2021.

ITINERANTE, Observatório Educativo. EXPERIMENTO DE DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE SOLAR. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~riffel/notas_aula/ensino_astro/roteiros/Roteiro_Alternativo_Constante_Solar.htm. Acesso em: 02 dez. 2021.

JUNIOR, E. & Júnior, José & Casaroli, D. & Pêgo Evangelista, Adão. (2017). AJUSTE DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE ANGSTRON-PRESCOTT NA ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO GLOBAL EM MUNICÍPIOS GOIANOS. 10.7127/iv-inovagri-meeting-2017-res0511029.

LABEE, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Conforto Térmico. 2021. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/linhas-de-pesquisa/conforto-termico>. Acesso em: 11 jul. 2021.

LAMBERTS, Roberto. Desempenho Térmico de edificações: ventilação natural. Ventilação Natural. Disponível em:

https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula%20-Ventilacao_Natural_0.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021.

MATOS, Rudmar Serafim. Carga Térmica em Climatização. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~rudmar/clima/material/5_CARGA%20TERMICA%20EM%20CLIMATIZACAO.pdf. Acesso em: 15 nov. 2021.

MERKEL, Alexander. Clima Jataí. 2021. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/jatai-43420/>. Acesso em: 13 set. 2021

MYERS, Joel. AccuWeather: jataí-goias. Jataí-Goiás. 2021. Disponível em: <https://www.accuweather.com/pt/br/jata%C3%AD/38313/september-weather/38313>. Acesso em: 15 set. 2021.

NBR 6118. 2014. Projeto de estruturas de concreto -. NBR 6118:2014. s.l. : Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.

NBR 6118. 2014. Projeto de estruturas de concreto -. NBR 6118:2014. s.l. : Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.

NUNES, Cristiane. A importância do brise na arquitetura bioclimática. 2017. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/brise-arquitetura-bioclimatica/>. Acesso em: 07 dez. 2021.

REGULAMENTADORAS, Normas. NR 15: atividades e operações insalubres anexo iii limites de tolerância para exposição ao calor. ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES ANEXO III LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO AO CALOR. Disponível em: http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15_anexoIII.htm. Acesso em: 25 ago. 2021

SANTANA, Marina Vasconcelos. Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis - SC. 2006. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Marina_Vasconcelos_Santana.pdf. Acesso em: 14 jul. 2021.

SILVA, Kristinne Rodrigues da. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELA INSTALAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS NOS TELHADOS DOS CAMPUS DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS. 2018. Disponível em: http://www.ifg.edu.br/attachments/article/5213/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Processos%20Sustent%C3%A1veis_Kristinne%20Rodrigues%20da%20Silva.pdf. Acesso em: 10 nov. 2021.

SPARK, Weather. Clima e condições meteorológicas médias em Jataí no ano todo. 2021. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29775/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Jata%C3%AD-Brasil-durante-o-ano#:~:text=A%20dire%C3%A7%C3%A3o%20m%C3%A9dia%20hor%C3%A1ria%20predominante,50%25%20em%2024%20de%20abril..> Acesso em: 02 dez. 2021.

SPARK, Weather. Condições meteorológicas médias de Jataí. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29775/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Jata%C3%AD-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 13 jul. 2021.