

**Anna Paula Lombardi  
(Organizadora)**



**Ergonomia e** Acessibilidade

Anna Paula Lombardi  
(Organizadora)

# Ergonomia e Acessibilidade

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E67 Ergonomia e acessibilidade [recurso eletrônico] / Organizadora Anna Paula Lombardi. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-147-3

DOI 10.22533/at.ed.473191902

1. Acessibilidade. 2. Ergonomia. 3. Inclusão social. I. Lombardi, Anna Paula.

CDD 620.82

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Ergonomia e Acessibilidade” apresenta estudos de grande relevância que envolve os aspectos metodológicos para contribuir na inclusão de Pessoas com Deficiência pelo ponto de vista de autores das diferentes áreas de conhecimento, publicados pela editora Atena. O volume, exhibe 19 capítulos que tem como temática: os ambientes construídos e a importância da Ergonomia, rota acessível nas cidades, acessibilidade em equipamentos públicos, o mercado de trabalho e acessibilidade, os aspectos da ergonômica em habitações de interesse social e a avaliação ergonômica de espaços comerciais.

Com o enfoque de contribuir no bem estar do coletivo e a integração desses no âmbito da sociedade são as principais preocupações expostas nos capítulos. A obra contribui na ampla relevância dos aspectos sociais, culturais, políticos e econômicos e através da complexidade dos fatos reais, tem como característica dar visibilidade a importância desses estudos para que se tornem temas centrais de investigação na academia.

A seriedade desses estudos, estão evidenciados na formação em nível de graduação e pós-graduação de acadêmicos registrando um salto quantitativo e qualitativo nas últimas décadas corroborando com a relevância do tema abordado.

Aos leitores desta obra, que ela possa inspirar a criação de novos e sublimes estudos em questão, proporcionando discussões e propostas para um conhecimento significativo.

Anna Paula Lombardi

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DESEMPENHO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO COM TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: A TAIPA DE MÃO	
Ingrid Gomes Braga Izabel Cristina Melo de Oliveira Nascimento Andrea Cristina Soares Cordeiro Duailibe	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4731919021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
A IMPORTÂNCIA DA ERGONOMIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO NOS PROJETOS ARQUITETÔNICOS – O CASO DOS DEFICIENTES AUDITIVOS	
Renata de Assunção Neves Aline da Silva Oliveira Neves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4731919022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
A RELAÇÃO ENTRE O AMBIENTE E O USUÁRIO – O MAPA COMPORTAMENTAL COMO INSTRUMENTO DE DEFINIÇÃO DE ROTA ACESSÍVEL	
Marcella Viana Portela de Oliveira Cunha Emmily Gersica Santos Gomes Júlio César Félix de Alencar Fernandes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4731919023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
O CEGO E A ARQUITETURA DA CIDADE	
Deborah Macêdo dos Santos Thiago Bessa Pontes Camila Bandeira Pinheiro Landim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4731919024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
A MOBILIDADE NO CONTEXTO DAS DINÂMICAS CIDADINAS: UMA ABORDAGEM DIALÉTICA COMO FERRAMENTA DE COMPREENSÃO	
Marluce Wall de Carvalho Venancio Andrea Cristina Soares Cordeiro Duailibe	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4731919025</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>58</b>
ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE DA ESCOLA ESTADUAL RIO BRANCO NA CIDADE DE PATOS-PB	
Andreza de Medeiros Batista Ane Francisca Lima de Oliveira Joyce Dantas Rodrigues Júlio César Félix de Alencar Fernandes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4731919026</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 72**

O WALKTHROUGH NA AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE ESPACIAL EM UM CENTRO DE SAÚDE EM FLORIANÓPOLIS

Carlos Fernando Machado Pinto  
Vanessa Goulart Dorneles

**DOI 10.22533/at.ed.4731919027**

**CAPÍTULO 8 ..... 87**

PERCEPÇÕES SOBRE A INCLUSÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA NO MERCADO DE TRABALHO E AS PERSPECTIVAS DE ACESSIBILIDADE

Aline Vieira Borges  
Willians Cassiano Longen

**DOI 10.22533/at.ed.4731919028**

**CAPÍTULO 9 ..... 97**

ESTUDO SOBRE ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES DE TRABALHO: SALA DE DESENHO TÉCNICO DO CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS- UFRSA

Wiriany Kátia Ferreira Silva  
Liz Gabrielle Barbosa Sousa  
Eduardo Raimundo Dias Nunes  
Clara Ovídio de Medeiros Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.4731919029**

**CAPÍTULO 10 ..... 107**

ANÁLISE ACÚSTICA DO AUDITÓRIO PAULO BONAVIDES NAS FACULDADES INTEGRADAS DE PATOS/PB

Emmily Gersica Santos Gomes  
Pedro Gomes de Lucena  
Marcella Viana Portela de Oliveira Cunha  
Anderson Ramon Lopes Alves

**DOI 10.22533/at.ed.47319190210**

**CAPÍTULO 11 ..... 120**

AVALIAÇÃO ERGONÔMICA APLICADO A HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Valéria Costa de Oliveira  
Emílio Gabriel Freire dos Santos  
Rafael Alves de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.47319190211**

**CAPÍTULO 12 ..... 133**

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E DO CONFORTO AMBIENTAL EM HABITAÇÃO UNIFAMILIAR DE INTERESSE SOCIAL

Isabelle Mendonça de Carvalho  
Samuel Bertrand Melo Nazareth  
João Victor Ramos de Menezes

**DOI 10.22533/at.ed.47319190212**

**CAPÍTULO 13 ..... 146**

APLICAÇÃO DA ERGONOMIA NO ENSINO DO DESIGN: METODOLOGIA REFLEXIVA NO ESTUDO DA ANTROPOMETRIA E DO POSTO DE TRABALHO

Anna Lúcia dos Santos Vieira e Silva  
Zilsa Maria Pinto Santiago

**DOI 10.22533/at.ed.47319190213**

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>157</b>
ABRIGO, CASA OU LAR? NOTAS TEÓRICAS SOBRE A AMBIÊNCIA DO HABITAR EM INSTITUIÇÕES PARA CRIANÇAS E ADOLESCENTES	
Aline Eyng Savi Marta Dischinger	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47319190214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>173</b>
DIRETRIZES PARA O USO DE CORES EM UM PROJETO RESIDENCIAL DEDICADO A PACIENTES COM DOENÇA DE ALZHEIMER	
Danyel Magnus de Oliveira Diniz Marisha Mcauliffe	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47319190215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>187</b>
O EFEITO DA AGRADABILIDADE: UM ESTUDO DA QUALIDADE VISUAL PERCEBIDA DE MOBILIÁRIOS URBANOS	
Leonardo Castilho Lorena Gomes Torres de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47319190216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>196</b>
UMA PROPOSTA DE ABRIGO DE ÔNIBUS DE NATAL-RN A PARTIR DO MÉTODO DA GRADE DE ATRIBUTOS E DO DESIGN PARTICIPATIVO	
Lorena Gomes Torres de Oliveira Olavo Fontes Magalhães Bessa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47319190217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>209</b>
A ACESSIBILIDADE NO PROCESSO DE INCLUSÃO NAS ESCOLAS PÚBLICAS DE FORTALEZA	
Thaynara Mayra Maciel Belisario Milena Scur Wagner Ana Caroline Dias Alves Patrícia Barreira Angelim Zilsa Maria Pinto Santiago	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47319190218</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>223</b>
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE ESPAÇOS COMERCIAIS: ESTUDO DE CASO EM UMA LOJA DE CALÇADOS	
Vinicius Albuquerque Fulgêncio Ana Rosa de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.47319190219</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>238</b>

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E DO CONFORTO AMBIENTAL EM HABITAÇÃO UNIFAMILIAR DE INTERESSE SOCIAL

### Isabelle Mendonça de Carvalho

Universidade de Fortaleza, Arquiteta e Urbanista  
– Fortaleza, Ceará

### Samuel Bertrand Melo Nazareth

Universidade de Fortaleza, Arquiteto e Urbanista  
– Fortaleza, Ceará

### João Victor Ramos de Menezes

Universidade de Fortaleza, Arquiteto e Urbanista  
– Fortaleza, Ceará

**RESUMO:** As pessoas têm gasto a maior parte do tempo dentro de ambientes construídos, qualquer que seja a tipologia da edificação. Este costume, consolidado em nossa sociedade, influencia de modo direto o conforto e o consumo de energia. Desta forma, avaliar este fator é de fundamental importância, de modo que se possa estabelecer padrões de desempenho ambientais. Essa avaliação, objeto de estudo deste artigo, permite, ainda, compreender a capacidade de adaptação e as limitações do corpo humano, na vivência do conforto em seu ambiente rotineiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto Ambiental; Desempenho térmico; Habitação de interesse social.

**ABSTRACT:** People spend most of their time in built environments, whatever is the building typology. This attitude is already fully consolidated

in our society, and influences directly in some aspects of the building environment, such as comfort and energy consumption. Assessing this aspect, is a key to establish environmental performance standards. This paper aims to understand what the human body is able to withstand, as well as how people are willing to make behavioral changes, considering their experience inside their routine environment.

**KEYWORDS:** Environmental comfort; Thermal performance; Social housing.

### 1 | INTRODUÇÃO

Um dos aspectos fundamentais da arquitetura é proporcionar conforto aos ocupantes de ambientes internos. ASHRAE (2004) define conforto térmico como a condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico. Tal condição depende da interação de quatro fatores objetivos: a temperatura, a umidade e a velocidade do ar e a temperatura das superfícies que o cercam. A adoção de limites de temperatura e umidade do ar nas quais o corpo humano está em equilíbrio hidrotérmico delimita um intervalo denominado de zona de conforto.

É sabido que o consumo de energia em edifícios depende dos meios utilizados para controlar as condições ambientais internas.



Muito embora o projeto, a construção ou a readequação de edificações ecologicamente conscientes constitua uma necessidade cada vez mais evidente no cenário atual, a economia de energia não deve condenar as condições de conforto e a saúde dos ocupantes (OLESEN, 2007).

## 2 | METODOLOGIA

A concepção deste modelo de casa de interesse social foi feita primeiramente no *software* Autocad. Assim, foram produzidos cortes, fachadas e uma planta baixa, para então ser exportada com sua unidade em metros para o programa de modelagem 3D *Sketchup*. Neste *software*, foi feito o modelo completo com aberturas vazadas em suas esquadrias, sem nenhum aparato de proteção solar. Além disso, foram feitos beirais de 50 centímetros, propositadamente pequenos, a fim de haver uma maquete para comparação de dados.

Após o processo de modelagem, o produto desta etapa é exportado com uma extensão DXF (*Drawing Exchange Format*) e importado pelo programa *Autodesk Ecotect*, onde é feita a modelagem dos aparatos de proteção solar. A partir destes aparatos, o próprio *software* produz as máscaras de insolação das aberturas; ainda no *Ecotect*, é realizada também a simulação de iluminação natural (com assistência do plug-in *Radiance*) a 80 centímetros do chão, no dia do solstício de inverno (vinte e dois de dezembro), de modo a aferir se estava aceitável, com cerca de 300 lux no mínimo.

Ainda após a modelação, tanto do objeto de estudo quanto do entorno fictício, o protótipo é exportado para um quarto programa, também da Autodesk, *FlowDesign*. Após a importação, o modelo é alinhado com leste, a qual é o *inlet* deste modelo, a velocidade adotada para aferir a pressão realizada no objeto de estudo é 10 m/s.

Em um segundo momento, antes da simulação, é realizada a modelagem do tubo de vento em relação ao modelo, onde as distâncias são relacionadas a partir da maior edificação do modelo. Considerou-se cinco vezes a distância da maior edificação, a partir da poligonal da área em relação ao *inlet*, 15 vezes pela mesma relação ao *outlet* e 5 vezes as demais distâncias, produzindo, assim, um modelo pronto para simulação.

Finalmente, utilizou-se o *software Designbuilder* para a simulação das temperaturas, considerando-se a ventilação natural e nenhum estímulo de ventilação artificial. Dessa forma, há uma condição *sine qua non* para o desenvolvimento da simulação de ventilação, para então aferir a pressão e calcular o número de renovações de ar por hora. Após a simulação no *software*, os dados são levados ao Microsoft Excel, onde possibilitou-se o desenvolvimento de tabelas que consideram a temperatura operativa e de ganhos por radiação, calculando, ainda, as horas de conforto e desconforto.

## 3 | CONTEÚDO

### 3.1 Características construtivas da edificação

Por ser uma edificação de interesse social e para manter a simulação simples de ser realizada, os materiais aplicados na edificação foram simples. Constitui-se basicamente de paredes internas e externas com tijolos de 8 furos quadrados de 14 centímetros; laje de concreto e cerâmica de 15cm, além de telhas de barro sem forro, conforme ilustra a imagem abaixo.

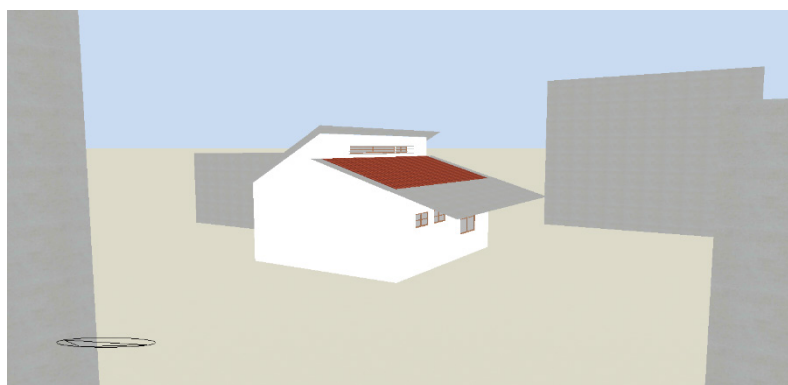


Figura 1: Modelagem *Designbuilder*

Fonte: Acervo do autor

O programa também possui a funcionalidade de escolher uma rotina de permanência nos cômodos, bem como o tempo, que é utilizado de iluminação no mesmo durante um ano tipo. Foi suposto que seria utilizada luz artificial das 6 às 7 horas da manhã e das 18 às 22 horas. E, quanto a permanência, escolheu-se 2 tipos de cômodos: a sala e os quartos. Os dormitórios seriam utilizados das 21 às 6 horas da manhã e das 13 às 14 horas, enquanto a sala seria analisada enquanto as pessoas não estivessem no quarto.

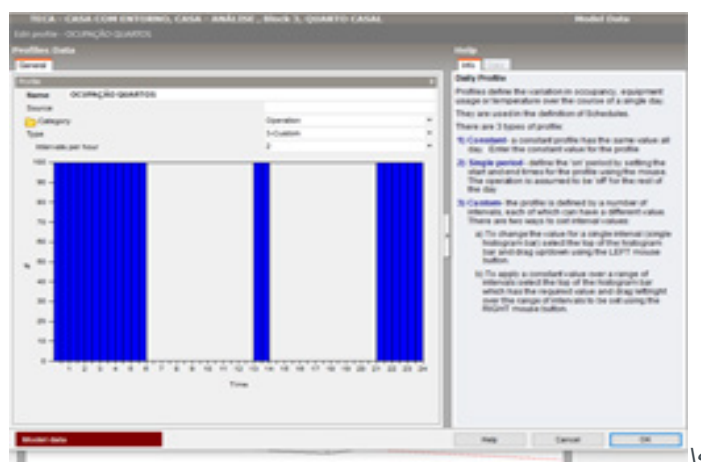


Figura 2: Rotina Quarto - *Designbuilding*

Fonte: acervo do autor.

### 3.2 Paredes (Valor de U)

Cálculo realizado

Resistência:

Parede Vertical = 0,17

Parede Horizontal (Fluxo de dentro para fora) = 0,14

Parede Horizontal (Fluxo de dentro para fora) = 0,22

Resistência do tijolo:

#### Seção 01

$$A1=0,01 \times 0,19$$

$$A1=0,0019\text{m}^2$$

$$R1 = \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} = \frac{0,09}{0,90} = 0,1$$

#### Seção 02

$$A2=0,035 \times 0,19$$

$$A2=0,00665\text{m}^2$$

$$R2 = \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} + RAR + \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} + RAR + \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} + RAR$$

$$R2 =$$

$$\frac{0,01}{0,90} + 0,16 + \frac{0,01}{0,90} + 16 + \frac{0,01}{0,90} + 16$$

$$R2 = 0,3533$$

$$RTIJOLO = \frac{5xA1 + 4xA2}{\frac{5xA1}{R1} + \frac{4xA2}{R2}}$$

$$RTIJOLO = \frac{5x0,0019 + 4x0,00665}{\frac{5x0,0019}{0,1} + \frac{4x0,00665}{0,35}}$$

$$RTIJOLO = 0,212(\text{m}^2\text{k})/\text{w}$$

Resistência da parede:

#### Seção 03

$$A3=0,01 \times 0,19$$

$$A3=0,0019\text{m}^2$$

$$R3 =$$

$$\frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}} + \frac{e_{\text{argamassa}}}{\lambda_{\text{argamassa}}} + \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}}$$

$$R3 = \frac{0,02}{1,15} + \frac{0,09}{1,15} + \frac{0,02}{1,15}$$

$$R3 = 0,113$$

$$RPAREDE = \frac{A3 + A3}{\frac{A3}{R3} + \frac{A3}{R4}}$$

#### Seção 04

$$A4=0,19 \times 0,19$$

$$A2=0,036\text{m}^2$$

$$R4 =$$

$$\frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}} + RTIJOLO + \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}}$$

$$R2 = \frac{0,02}{1,15} + 0,212 + \frac{0,02}{1,15}$$

$$R2 = 0,2467$$

$$RPAREDE = \frac{0,0019 + 0,036}{\frac{0,0019}{0,113} + \frac{0,036}{0,2467}}$$

$$RPAREDE = 0,23289 + 0,17 = 0,40 (\text{m}^2\text{k})/\text{w}$$

$$U = \frac{1}{0,40}$$

$$U = 2,50 \text{ w/m}$$

### 3.3 O atendimento à NBR 15.575

A edificação está situada na cidade de Fortaleza, classificada na NBR 15.220 na zona bioclimática 8.

Tabela 14 — Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância Térmica U W/m <sup>2</sup> .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

<sup>a</sup>  $\alpha$  é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

Figura 3: Tabela da NBR 15220.

Fonte: NBR 15220.

O valor da resistência U das paredes de tijolos de 8 furos e 14 cm da unidade residencial, tanto no cálculo demonstrado neste relatório quanto pelo cálculo do software Design Builder, é menor ou igual ao valor de 2,5; como descrito na tabela. Isto posto, se enquadram na norma da NBR 15.575.

### 3.4 Avaliação das condições de insolação

O relatório prevê, com base em simulações em datas chave, os solstícios de verão e de inverno, os quais demonstram maior e menor incidência solar respectivamente.

#### 3.4.1 Solstício de verão, com brises

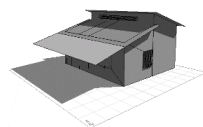


Figura 4: Fachada Oeste e sul às 15 horas

Fonte: Acervo do autor.

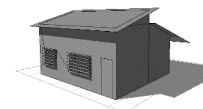


Figura 5: Fachada leste e norte às 9 horas

Fonte: Acervo do autor.

#### 3.4.2 Máscaras solares, com brises

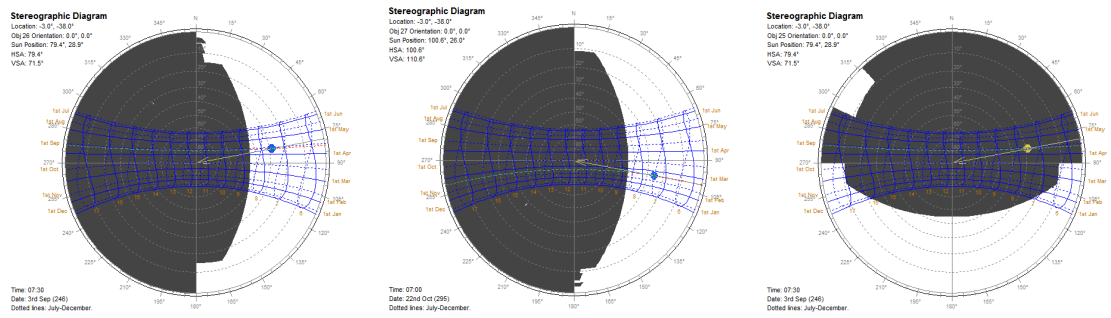


Figura 6: Máscara de sombra das janelas da fachada leste com brises.

Fonte: Acervo do autor.

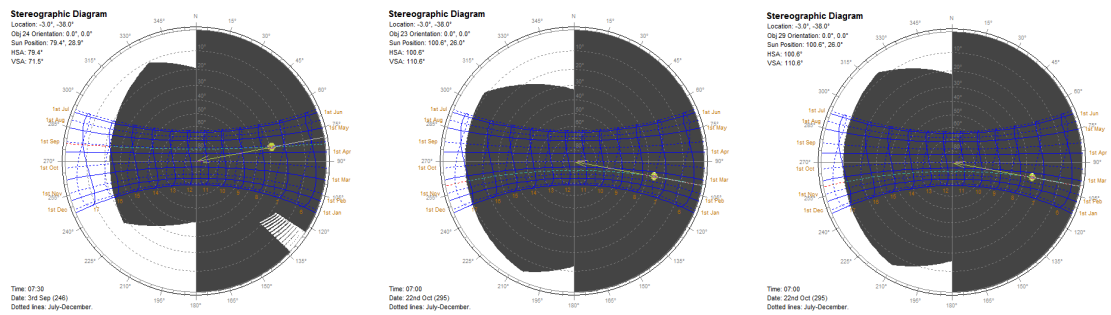


Figura 8: Máscaras de sombra das janelas da fachada oeste com brises.

Fonte: Acervo do autor.

### 3.5 Avaliação das condições de iluminação natural, com brises

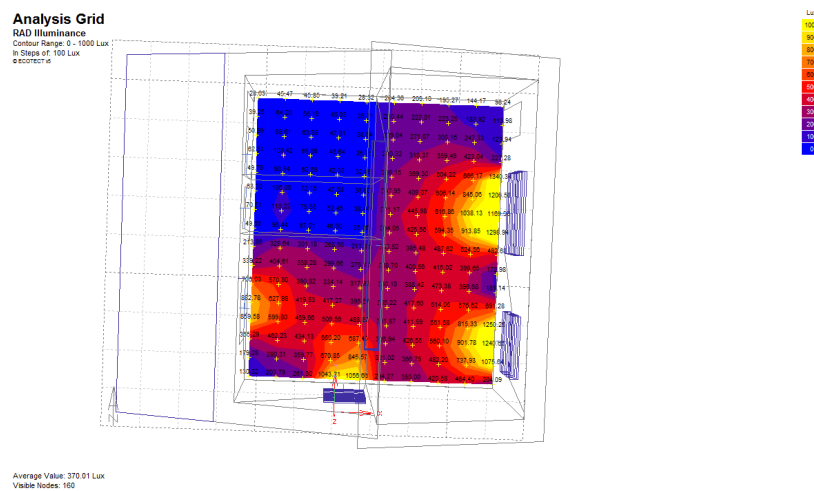


Figura 10: Simulação utilizando o software Ecotect, às 12:00 do dia 22 de dezembro.

Fonte: Acervo do autor.

#### 3.5.1 Conclusão da avaliação

Para esta simulação dos níveis de iluminância, utilizou-se o plug-in *Radiance* do software *Ecotect*, com datas estipuladas a partir dos maiores e menores níveis de iluminância do ano e suas datas críticas, solstício de verão solstício de inverno nos seguintes horários: 9 horas, 12 horas e 15 horas.

É possível perceber que, a diferença da iluminância nos ambientes -principalmente

na sala e nos quartos -, foram notoriamente diferentes; a curva de dados nas imagens tem como mais amarelo 1000 lux e mais azul 0 lux.

Dentro da justificativa desta simulação - investigar se houve a quantidade mínima de 300 lux no plano de trabalho pré-determinado a 80 centímetros, é possível observar que, mesmo com a presença dos brises, existe a quantidade necessária para haver a iluminação natural efetiva.

### 3.6 Avaliação das condições de ventilação natural

Ao passar por uma edificação, o vento gera um campo de velocidade e pressão em suas superfícies externas. Esse campo de pressões nas fachadas depende da direção e intensidade do vento incidente, da densidade do ar, da forma e orientação da superfície, além de características do entorno, tais como topografia e rugosidade do terreno.

Comumente a pressão é positiva a barlavento e negativa a sotavento. Ao criar zonas de alta e baixa pressão nas diferentes faces do edifício, o vento induz o movimento do ar no interior da edificação, então esses fluxos dependem essencialmente dos coeficientes de pressão nas fachadas. A determinação dos valores de  $C_p$  nas fachadas e na cobertura de edificações é fundamental para cálculos de taxas de infiltração de ar e ventilação natural.

Utilizou-se o programa Autodesk *Flowdesign*, a fim de avaliar as condições de ventilação natural no entorno e calcular os dados de coeficientes de pressão sobre as aberturas. Com base nesses dados, calculou-se a vazão de ar possível no ambiente da casa avaliada.

#### 3.6.1 Avaliação qualitativa

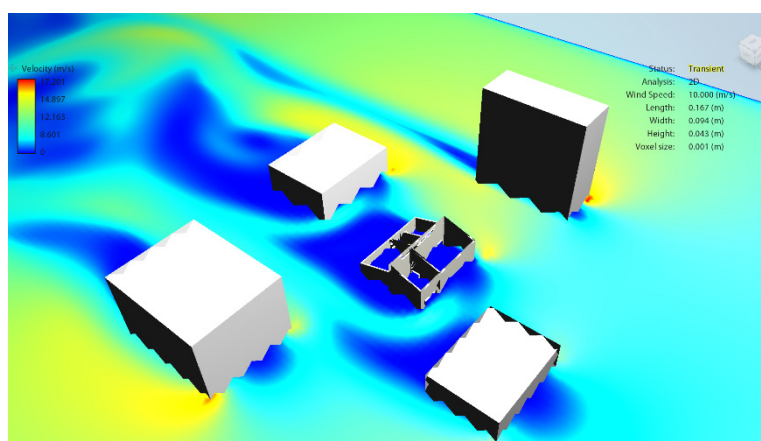


Figura 11: Simulação utilizando o software Flowdesign

Fonte: Acervo do autor.

### 3.6.2 Cálculo de vazão

$$\phi = C_a \cdot A_0 \cdot v \cdot \sqrt{(\Delta C_p)} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = V_{\text{(ref.)}} \cdot k \cdot z_a$$

Temos:

$$V \text{ (leste)} = 4,5 \text{ m/s} \quad k = 0,35$$

$$A \text{ (entrada)} = 2,1 \text{ m}^2 \quad Z = 1,5$$

$$A \text{ (saída)} = 2,0 \text{ m}^2 \quad a = 0,25$$

$$[C_p]_{e1} = 0,8$$

$$[C_p]_{e2} = 0,3$$

$$[C_p]_{s1} = -0,16$$

$$[C_p]_{s2} = -0,24$$

$$[C_p]_{s3} = -0,24$$

$$[C_p]_{s3} = -0,24$$

$$\phi = 0,65 \cdot \sqrt{1 / (1/2,1^2 + 1/2^2)} \cdot ((4,5 \times 0,35 \times 1,50,25) \cdot \cos\Theta) \cdot \sqrt{(\Delta C_p)}$$

$$\phi = 0,65 \cdot 1,45 \cdot 1,74 \cdot \sqrt{((0,8+0,3) - (-0,16-0,24-0,24-0,24))}$$

$$\phi = 0,65 \cdot 1,45 \cdot 1,74 \cdot \sqrt{1,98}$$

$$\phi = 0,65 \cdot 1,45 \cdot 1,74 \cdot 1,4$$

$$\phi = 2,29 \text{ m}^3/\text{s}$$

tem-se vazão/hora como:  $\phi = 2,29 \text{ m}^3/\text{s} \times 3.600 \text{ segs.}$

$$\phi = 8.244 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dessa forma, tem-se como trocas de ar/hora:  $\phi = (8.244 \text{ m}^3/\text{h}) / (187,08 \text{ v}^3) = 44$  trocas/hora.

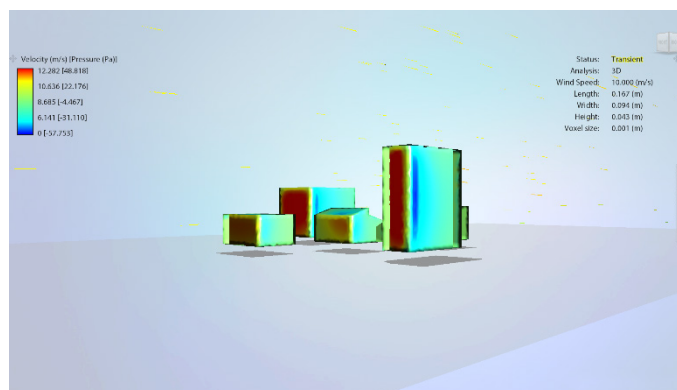


Figura 12: Simulação utilizando o software *Flowdesign*

Fonte: Acervo do autor.

### 3.7 Avaliação do desempenho térmico

#### 3.7.1 Total de ganhos de calor devido à radiação solar

O sol constitui a principal fonte de ganhos de calor em edifícios residenciais situados em região tropical. Nessas localidades, a temperatura do ar não é a principal causa de desconforto térmico, mas a temperatura radiante, resultado da incidência solar sobre as diversas superfícies que compõem o ambiente, irradiando energia para o interior do edifício.

A exposição à radiação solar deve, portanto, ser minimizada em climas quentes, como forma de reduzir a maior fonte de ganhos de calor, sendo capaz de comprometer o conforto térmico no interior dos edifícios residenciais, elevando significativamente o consumo energético para resfriamento.

A verificação do total de ganhos de calor devido à radiação solar constitui, assim, um parâmetro fundamental para análise das condições de conforto no ambiente interno de edificações. O total anual é aqui comparado às situações com e sem elementos de proteção solar.

#### 3.7.2 Comparativo entre grau-hora dos ambientes, com brises e sem brises

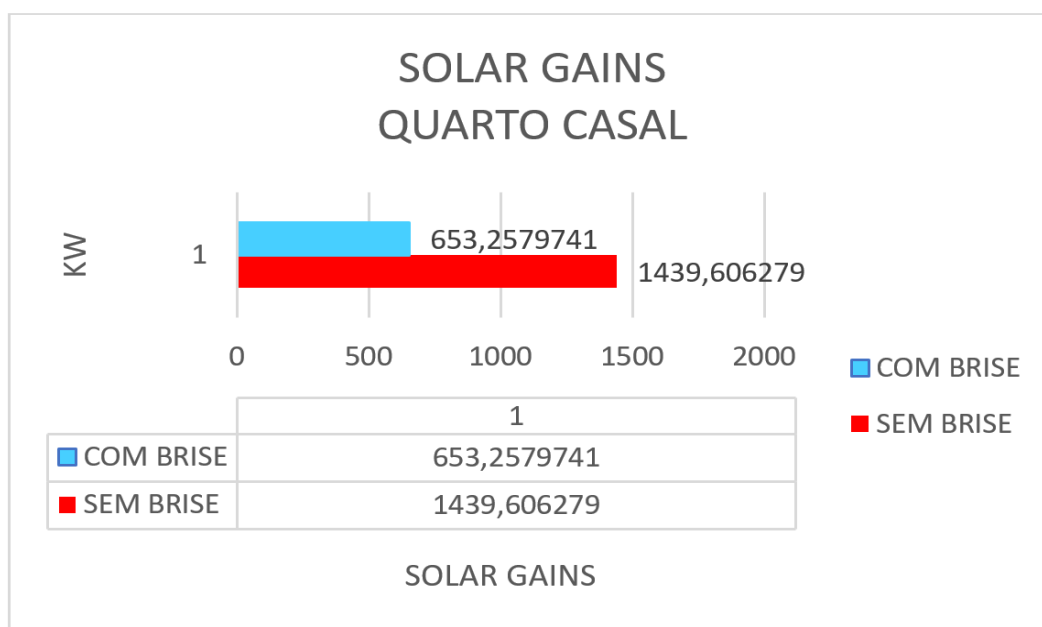


Figura 13: Comparativo entre graus-hora do quarto do casal com e sem brise

Fonte: Acervo do autor.

### 3.8 Avaliação do conforto térmico

Índices de conforto térmico têm sido empregados para diversos propósitos, desde a determinação de limites de exposição humana às condições do meio, passando



pela definição de conforto térmico em ambientes residenciais e comerciais; ou a indicação da melhor estratégia para reestabelecimento das condições de conforto, até a classificação climática (AULICIEMS; SZOKOLAY, 2007).

Humphreys (1978) observou que o centro da zona de conforto poderia ser determinado a partir da temperatura ambiente mais frequentemente apontada como o confortável, determinando, assim, uma temperatura neutra.

A temperatura externa de referência é a única variável independente na equação para determinação da temperatura neutra, utilizada nos modelos adaptativos. A temperatura média mensal foi o primeiro tipo de referência a ser utilizado. Uma vez que esse parâmetro se baseia na série histórica de temperaturas do ar de um local específico, ele representa um clima típico, sendo, portanto, relacionado à experiência e aclimação dos ocupantes (FERRARI; ZANOTTO, 2012).

Givoni (1992) explica que ambientes de edifícios naturalmente ventilados acompanham as variações do clima devido a uma maior integração com este. Logo, os usuários tendem a aceitar uma maior variação diária do que em edificações condicionadas artificialmente.

### *3.8.1 Total de graus-hora de resfriamento*

O critério de avaliação foi indicado por RTQ – R (BRASIL, 2010) e o cálculo dos graus-hora para resfriamento, sendo a temperatura base adotada e de 26 °C. Assim, após a realização da simulação, todas as horas com temperatura operativa acima de 26 °C nos ambientes de permanência prolongada são somadas e, através da equação a seguir, é calculado o indicador de graus-hora para resfriamento.

$$\text{GHR} = \sum (T_o - 26 \text{ °C})$$

Onde: GHR e o indicado de graus-hora para resfriamento

$T_o$  e a temperatura operativa

O parâmetro “graus-hora” é determinado como a somatória da diferença da temperatura horária, quando esta se encontra superior a temperatura de base, no caso de resfriamento; ou inferior a temperatura de base, para graus-hora de aquecimento.

### *3.8.2 Total de horas em conforto – índice ASHRAE (2004)*

Durante a década de 1990, a ASHRAE direcionou um projeto de pesquisa específico que coletou dados de diferentes estudos de campo sobre conforto térmico ao redor do mundo (DEAR; BRAGER; COOPER, 1997). O resultado foi um projeto que culminou na revisão das normas até então vigentes.

Com base nas informações coletadas nessas pesquisas e utilizando a regressão linear, formulou-se a seguinte equação para prever a temperatura neutra ( $T_n$ ) em função da temperatura externa ( $T_e$ ):

$$T_n = 0,31 \times T_e + 17,8$$

Onde:  $T_n$  é a temperatura neutra;  $T_e$  é a temperatura média exterior do mês avaliado

A equação resultante deste estudo foi incorporada à última versão da norma ASHRAE 55 (2004) para avaliação de das condições térmicas em ambientes internos, com as seguintes limitações: para o intervalo de temperatura entre 10 °C e 33,5 °C; no caso de edifícios onde os ocupantes podem operar diretamente aberturas; para atividades com baixas taxas metabólicas (<1,3 MET).

Faixas de temperatura aceitáveis em edifícios naturalmente ventilados foram especificadas como  $\pm 3,5$  para 80% do total e  $\pm 2,5$  para 90% de aceitação geral.

O desempenho térmico de cada ambiente é avaliado em termos do total de horas dentro da zona de conforto, segundo o índice de De Dear & Brager (1998), com limites definidos como 2,5 graus a mais e a menos da temperatura operativa.

A temperatura operativa foi calculada como sendo o valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média.

### 3.8.3 Total de horas em conforto nos ambientes, com brise

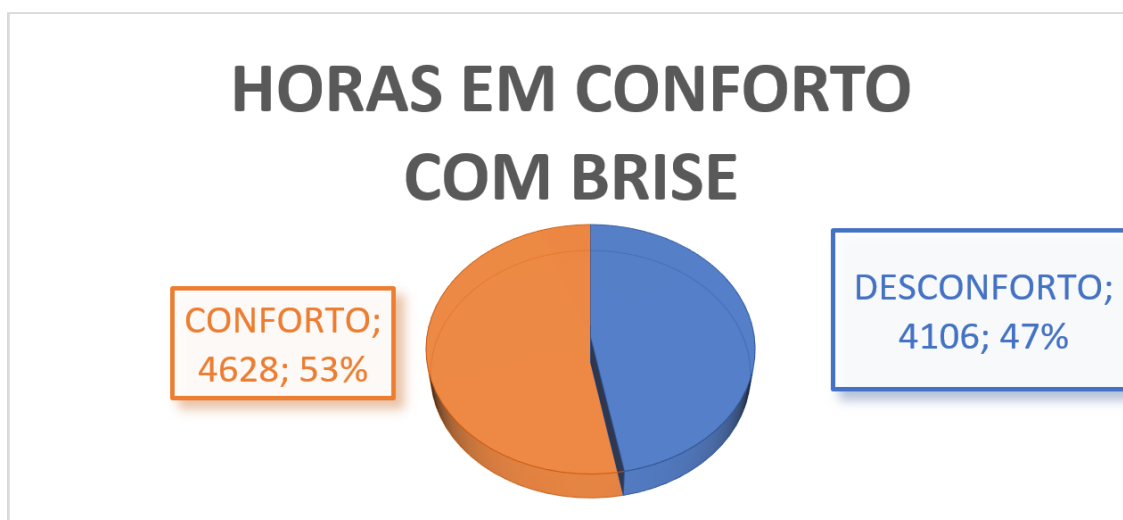


Figura 16: Gráfico comparativo de horas de conforto no quarto dos filhos, com brise.

Fonte: Acervo do autor.

Com o auxílio do Excel para a análise e confecção destes gráficos, é clara a melhoria ocasionada pela implementação de brises simples na edificação. No caso desta simulação, levou-se em consideração apenas elementos de proteção solar das esquadrias. Entretanto, o *Designbuilding* é uma ferramenta que permite implementar qualquer tipo de revestimento em paredes, forros e cobertas. Portanto, na posse destes gráficos é possível perceber que é imprescindível o uso de brises nesta casa em questão.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As simulações realizadas pelos programas utilizados neste trabalho consideraram somente a ventilação leste, onde foi designada a velocidade do vento a 10 m/s, sendo uma limitação da ferramenta utilizada. De fato, haveria a necessidade de um maior número de simulações, pois apesar do sentido dominante do vento – numa latitude de aproximadamente 3 graus -, seja leste, ainda há ventos nas direções sudeste e sul.

Já no programa *Designbuilding*, as únicas limitações estavam relacionadas ao hardware (quanto mais dados fossem alocados na simulação, haveria um maior espaço de tempo). Portanto, mesmo com dados simplificados, os resultados obtidos foram satisfatórios.

Após horas de modelagem e análise de dados, é clara a dificuldade ao tentar simular a realidade, de maneira a vender uma modificação a fim de aperfeiçoá-la. O uso de diversos programas é bastante exaustivo, pois traz a necessidade de um arcabouço de habilidades que até então não os autores não possuíam, sendo, em contrapartida, um estudo produtivo, pois os dados mostram um desenvolvimento positivo das modificações eleitas para a habitação de interesse social em questão.

Todos os programas utilizados foram necessários para os resultados finais da última simulação, a qual mostrou graficamente e estatisticamente a melhoria de 1% a 4% de melhoria no conforto por calor no prédio, reduzindo-se o ganho por radiação solar direta para mais de 50%.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220 – 3: desempenho térmico de edificações residenciais**. Parte 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575: desempenho de edifícios residenciais até cinco pavimentos**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

AULICIEMS, A.; SZOKOLAY, S. **Thermal comfort. PLEA note 3**. PLEA International/ University of Queensland. 2 ed. 2007.

BRASIL. **Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de Edificações Residenciais – RTQ-R**. INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Rio de Janeiro, 2012.

DEAR, R. J., BRAGER, G. S.; COOPER, D. **ASHRAE RP-884 Final Report: developing an adaptive model of thermal comfort and preference**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; 1997.

FERRARI, S.; ZANOTTO, V. **Adaptive comfort: Analysis and application of the main indices**. Building and Environment 49: 25-32, 2012.

GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. Energy and Buildings, 18, 1992.

OLESEN, B. W. **The philosophy behind EN15251: Indoor environmental criteria for design and calculation of energy performance of buildings.** *Energy and Buildings* 39: 740 – 749, 2007.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**ANNA PAULA LOMBARDI** Possui graduação em Bacharelado em Geografia (2011) e Licenciatura em Geografia (2014) pela Universidade Estadual de Ponta Grossa - PR. Mestre em Gestão do Território (2014) pela Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR. Doutora em Geografia (2018) pela mesma Instituição. Bolsista Capes pelo Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior realizado na Universidad Autónoma de Ciudad Juárez/Chihuahua/México pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo no Doutorado em Estudios Urbanos (2017). Conhecimento na área de Geografia e Ensino de Geografia. Atua principalmente nas áreas de espaço urbano, Planejamento Urbano, sociedade; práticas sociais, grupos de minorias, políticas públicas e os estudos da Geografia da Deficiência (the Geography of Disability). Trabalhou como Professora/formadora na UAB no curso de Licenciatura em Geografia pela disciplina de (OTCC) Orientações de trabalho de conclusão de curso pela Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR. Atualmente é Docente pela Faculdades CESCAGE e realiza Orientações e supervisões no curso de Especialização em História, Arte e Cultura a distância pela Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-147-3

