

AVALIAÇÃO FUNCIONAL E DE CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS VERTICAIS EM BLUMENAU SC

J. C. KUBA¹, A.J. BOGO², M. VIEIRA³
Universidade Regional de Blumenau – FURB ^{1,2,3}
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1716-4920> ¹
jakelline64@hotmail.com ¹

Submetido 24/08/2020 - Aceito 20/10/2020

DOI: 10.15628/holos.2021.11055

RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação funcional e de conforto térmico em edifícios verticais em Blumenau SC, com diagnóstico e avaliação uma amostra edilícia do bairro Victor Konder, região próxima ao centro e em grande processo de verticalização. O método de trabalho englobou as etapas de visitas *in loco*, levantamento de dados de campo e de projetos, análises pós-projetos e análises específicas. A análise dos edifícios verticais de uso habitacional foi realizada em trinta e quatro (34) edifícios do bairro, característico de ocupação de classe média. A avaliação realizada identificou maiores deficiências nos edifícios nos critérios de avaliação de funcionalidade, quando comparado aos critérios de conforto térmico. Do total da amostra, nenhum dos edifícios atingiu o valor máximo na avaliação realizada considerando os critérios de conforto térmico e de

funcionalidade. Na parte de avaliação de conforto térmico foi realizada a simulação computacional do comportamento térmico de uma edificação da amostra de estudo, representativa dos edifícios avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Arquitetura, avaliação, edifícios verticais, funcionalidade, conforto térmico.

FUNCTIONAL AND THERMAL COMFORT EVALUATION IN VERTICAL BUILDINGS IN BLUMENAU SC

ABSTRACT

O This paper presents the architectural characterization of the vertical housing typology in Blumenau diagnosed and evaluated the different typologies of buildings for residential use in Blumenau, their functional approaches and thermal comfort. The work method involved the stages of on-site visits, field survey and project data, post-project analysis and specific analyzes. The analysis of the vertical housing architectural typology was performed in a thirty-four buildings sample in the Victor Konder area neighborhood, in Blumenau, which is in a process of great verticalization. The evaluation identified bigger deficiencies in the functional evaluation criteria if compared to thermal comfort criteria of the buildings. From the total sample, none of the buildings reached the maximum value in the performed evaluation if considering the criteria of

thermal comfort and functionality. In the thermal comfort evaluation part, a computer simulation of the thermal performance of a building in the study sample, representative of the evaluated buildings, was performed.



KEYWORDS: Architecture, evaluation, vertical buildings, functionality, thermal comfort

1 INTRODUÇÃO

Existem diversos trabalhos de pesquisa com objetivo de avaliar a qualidade do ambiente construído, desde os espaços urbanos até as edificações, como nos edifícios de apartamentos, sob diferentes abordagens, profundidades e objetivos, abordando as relações da arquitetura com psicologia, antropologia, entre outras.

Dentre tantos trabalhos da área de avaliação do ambiente construído, podem-se citar as pesquisas de APO Avaliação Pós-Ocupação, ou aqueles sob enfoques específicos, como ergonômico, conforto térmico, conforto luminoso, ventilação natural, desempenho térmico, funcionalidade, desempenho ambiental, sustentabilidade, havendo farta literatura sobre o tema.

No enfoque de edifícios ofertados pelo mercado imobiliário para as classes de renda média, pode-se citar Villa, Saramago e Alves (2015), que diagnosticaram a qualidade ambiental de empreendimentos construídos em duas cidades de porte médio no Brasil (Uberlândia/MG e Ribeirão Preto/SP). A avaliação de qualidade ambiental nos edifícios analisados foi realizada com base nas estratégias de sustentabilidade citadas em diferentes métodos de certificação de edificações, (AQUA, LEED, Casa Azul CAIXA), identificando nos mesmos as situações existentes, como as mais recorrentes, quanto aquelas com maior valor de pontuação dos métodos. Os autores apontam para a incipiente incorporação de estratégias de sustentabilidade nos edifícios investigados, indicando um baixo nível de consciência ambiental dos moradores.

Villa e Ornstein (2009), abordam em trabalho a discussão da qualidade espacial dos edifícios de apartamentos a partir dos resultados obtidos em pesquisas de avaliação pós-ocupação APO, com vistas a projetar apartamentos com qualidade arquitetônica. Os autores citam a proposição de um conjunto de métodos e técnicas de APO com abordagem funcional, destinado a edifícios de apartamentos e elaborado a partir de parâmetros homogêneos de maneira a constituir um método reaplicável. Foi realizada a aplicação da APO em três estudos de caso na cidade de Ribeirão Preto SP, atestando o atendimento das demandas dos moradores de maneira mínima, na medida em que identificou uma gama bastante variada de grupos familiares morando em modelos repetidos e tripartidos de habitar. Várias sobreposições de atividades foram identificadas nos cômodos dos edifícios estudados, que são projetados de maneira tradicional, baseados na sua estanqueidade, compartimentação e monofuncionalidade.

Também Pickler e Bogo (2015) realizaram uma análise das estratégias arquitetônicas de conforto ambiental (controle solar nas aberturas, ventilação natural, uso da luz natural e tratamento paisagístico exterior) presentes em projetos de edificações verticais localizadas em Blumenau a partir da análise de material de divulgação publicado em anúncios de jornais e sítios da internet. Como resultados da avaliação de 36 (trinta e seis) projetos de edifícios verticais foi identificada a situação dominante de controle solar inadequado ou a ausência deste nas aberturas. Das situações analisadas, quatro (4) não possuem nenhum controle solar nas aberturas e dos trinta e dois (32) projetos restantes com controle solar do tipo fixo ou móvel, somente existe adequação em oito (8) situações de controle fixo e oito (8) situações de controle móvel. Por outro lado, a ventilação natural foi o quesito de melhor avaliação, com situação de adequação em trinta (30) projetos.

Sobre a avaliação da estratégia de controle solar em edificações em Blumenau, Uliano e Bogo (2013) e Uliano e Bogo (2014) avaliaram edifícios verticais em dois bairros da cidade. Neste último trabalho os resultados encontrados identificaram que somente em 67% dos ambientes de



permanência dos apartamentos avaliados existem elementos de controle solar ECS. Já deste percentual de ambientes citados, somente 37% possuem soluções adequadas, revelando problemas de projeto de arquitetura. De todos apartamentos analisados, somente 14% possuem todas as soluções arquitetônicas de controle solar como adequadas.

Na área de simulação do comportamento térmico de edificações, por meio de uso de *softwares* específicos, existe uma literatura bem consolidada, tanto em nível nacional como internacional. Nesta parte de simulação, podem-se citar diversos trabalhos com uso do Programa *EnergyPlus*, reconhecido na área como de referência para estes tipos de estudos, podendo-se citar dentre muitos autores os adiante.

Silva e Ghisi (2014), que realizaram uma análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1; Chvatal (2014) que realizou uma avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações; Sorgato, Melo, Marinoski e Lamberts (2014) que realizaram uma análise do procedimento indicado na NBR-15575-1 (ABNT, 2013a) para simulação do desempenho térmico com uso do programa *EnergyPlus*, avaliando uma edificação unifamiliar para os climas de três cidades brasileiras; Chvatal e Marques (2016) que realizaram uma avaliação de diferentes alternativas de modelagem de habitações de interesse social; Triana, Lamberts e Sassi (2016) que desenvolveram uma investigação inicial considerando impactos no desempenho termo energético em longo prazo frente às mudanças climáticas de projetos que estão sendo desenvolvidos para o setor de habitação social no Brasil; Mizgier e Penso (2016) que analisaram o desempenho térmico de fachadas ventiladas como proposta de *retrofit* em edifícios comerciais na cidade de São Paulo; Fossati, Scalco, Linczuk e Lamberts (2016) que realizaram pesquisa sobre eficiência energética em edificações, com foco em sistemas de certificação, entre outros mais.

A amostra de edificações desta pesquisa foi selecionada para o bairro Victor Konder (com área de 0,81 Km²), que de acordo com SIGAD (2015) apresentou de 2005 até 2010 um aumento de 2.714 habitantes para 4.617, de 1595 domicílios para 1990, numa relação população/domicílio de 1,7 para 2,3, inferior ao da área urbana da cidade, de 3,1 para 3 no mesmo período de análise. Ainda segundo o mesmo autor, em 2005 o bairro Victor Konder possuía uma densidade de 3.282 habitantes/km² (4a maior dos bairros da cidade), aumentada para 5.694 habitantes/km² em 2010 (1a maior dos bairros da cidade), muito superior ao do centro (2.111 hab/km²), num crescimento populacional de 70% (2005-2010), o maior de todos os bairros da cidade.

2 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi de identificar, conhecer, analisar e diagnosticar uma amostra de edifícios verticais para uso habitacional no bairro Victor Konder em Blumenau, nas abordagens funcional e de conforto térmico.

Visando atingir este objetivo, foram planejadas as seguintes atividades:

- I) Avaliação de edifícios verticais para uso habitacional na abordagem de conforto térmico, avaliando as variáveis:
 - a) Controle solar nos ambientes de permanência prolongada;
 - b) Ventilação natural cruzada: a partir de apartamento com no mínimo 2 fachadas em orientações diferentes;
 - c) Iluminação e ventilação natural em todos banheiros e lavabos;
 - d) Paisagismo com sombra arbórea no térreo, defronte a edificação.

II) Avaliação de edifícios verticais para uso habitacional na abordagem funcional, avaliando as variáveis:

- e) Dimensão adequada dos ambientes;
- f) Acessibilidade dos PNE nas áreas comuns do edifício;
- g) Proteção contra intempéries (cobertura) no acesso principal;
- h) Flexibilidade do projeto arquitetônico do apartamento.

III) Avaliação de conforto térmico por meio de simulação computacional do comportamento térmico em edifício representativo da amostra:

Análise de simulação computacional, com cálculo das temperaturas internas do ar com uso do *software EnergyPlus*, em um zonas térmicas de dois apartamentos do pavimento tipo, representativos de situações opostas de orientação solar.

3 MÉTODO

Para a análise dos edifícios verticais em Blumenau SC, com as avaliações funcional e de conforto térmico, foram realizadas as etapas adiante descritas após a caracterização geográfica do município.

Blumenau localiza-se no sul do Brasil, em Santa Catarina, na latitude 26,92 graus Sul, no médio Vale do Itajaí, a cerca de 60 km do litoral norte e a 140 km de Florianópolis.

Município com área de 518 km², população de 357 mil habitantes, (IBGE, 2019).

O município possui 35 bairros distribuídos em cerca de 206 km² de área urbana, (SIGAD, 2015).

Na sede tem altitude de 21 m, de clima subtropical úmido com verões quentes e rigor térmico de calor diurno dominante no ano em cerca de 6 meses, com temperatura média anual de 20,1 C°, (BOGO, 2017).

Além do centro, o bairro Victor Konder é um dos mais verticalizados da cidade.

Adiante nas figuras 1, 2 e 3 são apresentadas imagens com a delimitação geográfica do bairro em estudo, com a localização das edificações da amostra de estudo, definidas aleatoriamente no local.

3.1. Localização da amostra de estudo dentro do bairro Victor Konder, próximo ao centro.



Figura 1: Localização do bairro Victor Konder em relação ao Centro



Figura 2: Imagem aérea e delimitação do bairro Victor Konder - Fonte: Google Maps

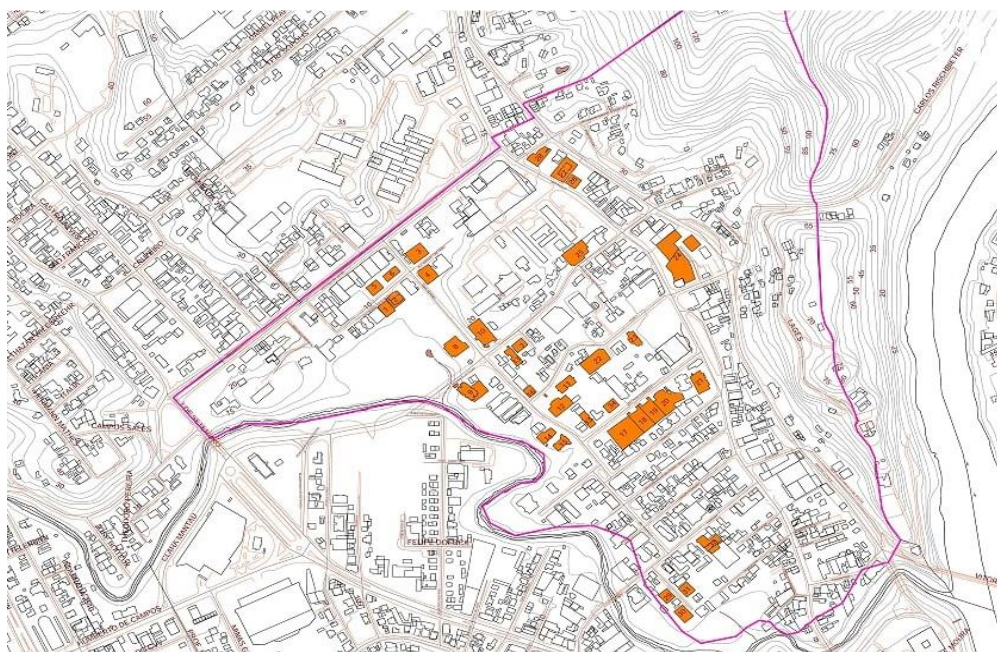


Figura 3: Mapa da área do bairro Victor Konder, com as edificações analisadas em alaranjado. Fonte: Prefeitura de Blumenau

3.2. Levantamento dos dados contextualizadores.

Mapas, plantas, projetos, dados das edificações, etc, sendo recolhido o material de análise de trinta e quatro (34) edifícios verticais localizados no bairro, todos com mais de quatro (4) pavimentos.

3.3. Desenvolvimento dos critérios de avaliação nas abordagens conforto térmico e funcional.

Estes critérios foram desenvolvidos pelos autores, com base na revisão de literatura, focando na avaliação de projeto nas abordagens funcional e de conforto térmico. Os critérios

foram definidos como mínimos e essenciais para uma qualidade mínima na avaliação de uma edificação.

3.4. Localização geométrica dos edifícios no terreno

Para o estudo dos edifícios verticais de análise no bairro Victor Konder, foram identificadas três situações de localização dos mesmos no terreno, conforme visto na figura 4 adiante:

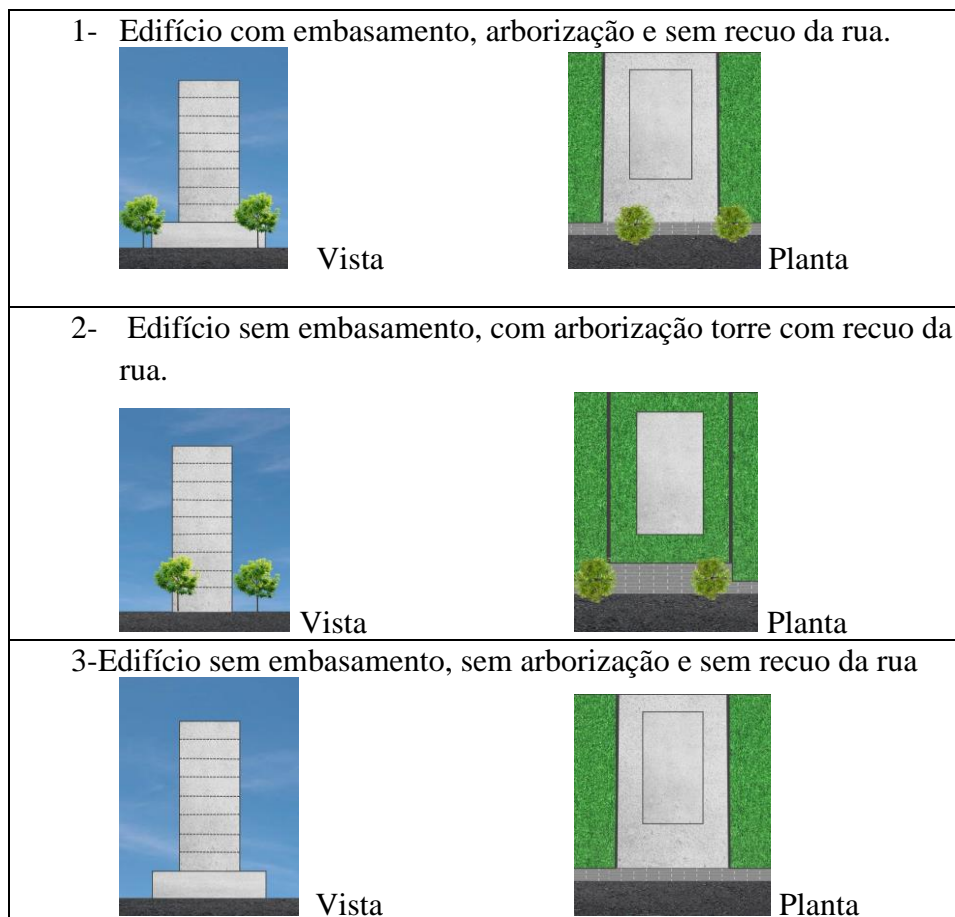
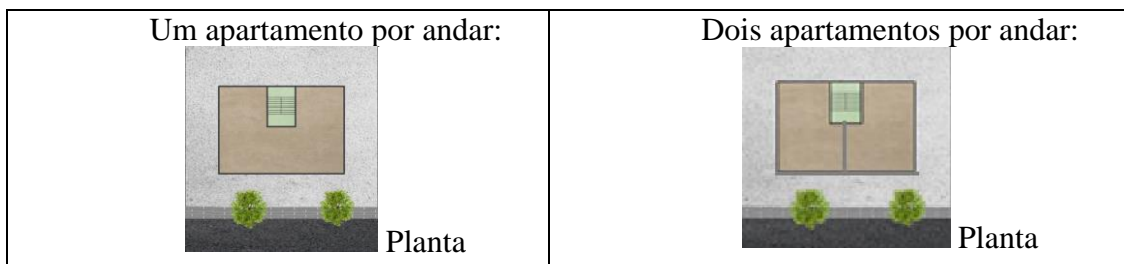


Figura 4: Localização geométrica dos edifícios no terreno

3.5. Posição geométrica dos apartamentos no pavimento tipo: tipos de *layout* de planta baixa no pavimento tipo.

Foram definidos quatro tipos de planta baixa do pavimento tipo, conforme visto na figura 5 adiante:



Continua

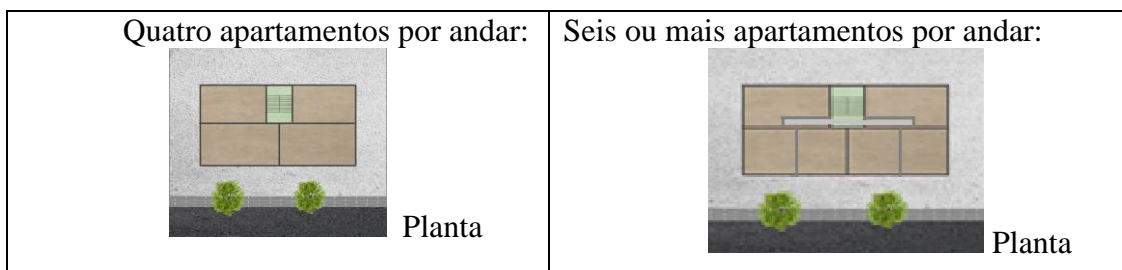


Figura 5: Posição geométrica dos apartamentos no pavimento tipo

3.6. Análises das edificações: edifícios verticais localizados no bairro Victor Konder.

Adiante na figura 6 são apresentadas imagens ilustrativas de alguns dos edifícios analisados.



Figura 6: Exemplo de edifícios verticais multifamiliares

Após a identificação tipológica do edifício e do *layout* de cada apartamento, foi definida a metodologia de avaliação, englobando as abordagens de conforto térmico e de funcionalidade, com oito (8) critérios de avaliação, conforme visto adiante nas tabelas 1 e 2:

Tabela 1: Critérios de avaliação de conforto ambiental.

Critérios de Avaliação	Pesos e Situações de Avaliação		
	-1	0	+1
CONFORTO TÉRMICO	Inadequado	Parcial	Adequado
CSA - Controle Solar nos ambientes de permanência	Sem elementos de controle solar em quartos e sala	Somente nos quartos (venezianas por ex.)	Nos quartos e na sala (sacada por ex.)
VNC - Ventilação natural cruzada: a partir de apto com no mínimo 2 fachadas em orientações diferentes	Apto com somente 1 fachada (em uma única orientação solar)	Apto com 2 fachadas, com janelas em lados adjacentes	Apto com mais de 2 fachadas e lados adjacentes e opostos
IVNBL - Iluminação e ventilação natural em todos banheiros e lavabos	Banheiros sem iluminação e ventilação natural (uso de dutos, etc)	Banheiros com iluminação e ventilação natural e lavabo com duto, etc	Banheiros e lavabos com iluminação e ventilação natural

Continua

PSA - Paisagismo com sombra arbórea no térreo, defronte a edificação	Sem tratamento paisagístico, somente áreas pavimentadas	Com tratamento paisagístico majoritário com gramíneas, flores, arbustos e forragens.	Com tratamento paisagístico amplo: árvores, arbustos, forragens, gramíneas
---	---	--	--

Na tabela 1 anterior são descritos os atributos necessários para a avaliação de conforto térmico em quatro (4) critérios definidos, aplicados as situações encontradas em cada edifício de análise. Para cada critério de análise existe a possibilidade de três situações: inadequada, parcial e adequada, cada qual com seu respectivo peso numérico.

Tabela 2 – Critérios de avaliação de funcionalidade.

Critérios de Avaliação	Pesos e Situações de Avaliação		
	-1	0	+1
FUNCIONALIDADE	Inadequado	Parcial	Adequado
DAA - Dimensão adequada dos ambientes	Dimensão mínima igual ao de parâmetros de HIS	Dimensão mínima maior ao de parâmetros de HIS	Dimensão mínima maior ao de parâmetros de classe média
APNE - Acessibilidade dos PNE nas áreas comuns do edifício	Sem nenhuma acessibilidade	Acessibilidade somente para uso do acesso social e elevador	Acessibilidade completa para todas áreas comuns do edifício
PCI - Proteção contra intempéries (cobertura) no acesso principal	Sem cobertura	Com cobertura só junto ao alinhamento ou cerca	Com cobertura junto ao alinhamento e até a porta principal
FPA - Flexibilidade do projeto arquitetônico do apartamento	Uso de paredes internas autoportantes que não podem ser retiradas	Uso de sistemas usuais de paredes internas que podem ser retiradas	Uso de sistemas secos (novos) de paredes internas que podem ser retiradas

Na tabela 2 anterior são descritos os atributos necessários para a avaliação de funcionalidade em quatro (4) critérios definidos, aplicados as situações encontradas em cada edifício de análise. Para cada critério de análise existe a possibilidade de três situações: inadequada, parcial e adequada, cada qual com seu respectivo peso numérico.

No atributo dimensão adequada dos ambientes (DAA), foi adotado como base de comparação para a dimensão mínima os valores de Ornstein, Roméro e Cruz (1997) da tabela 3 adiante, adequados para situação de habitação de interesse social - HIS. Já para o valor máximo utilizamos os valores de Mizgier e Penso (2016), conforme apresentado adiante na tabela 4:

Tabela 3 –Dimensão mínima de ambientes. Fonte: Ornstein, Roméro e Cruz (1997)

	Dorm. 1	Dorm. 2	Sala	Cozinha	Banheiro	A.S.
Área útil (m ²)	7,80	7,70	10,19	6,27	3,03	1,46

Tabela 4 –Dimensão mínima de ambientes. Fonte: Boueri (1989)

Áreas em m ²			
Sala	15,00	Dormitório 1	14,00
Cozinha	7,20	Dormitório 2	12,00
Banheiro	4,20	Área serviço	5,40
Total	57,80		

Com base na avaliação de cada um dos 4 critérios referentes à Conforto térmico e 4 critérios referentes à Funcionalidade, cada edificação analisada tem uma identificação de situação que corresponde a um valor específico (máximo de + 4 e mínimo de -4), totalizando um somatório identificador de melhor ou pior avaliação, segundo a escala adiante:

Escala de avaliação de nove pontos:

(Pior situação) -4 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 +4 (Melhor situação)

3.7. Aplicação do método de análise para um edifício:

Adiante é apresentado como exemplo à aplicação do método de análise para o Edif. Ravenna, com os dados iniciais, as figuras 7, 8, 9 e 10 e as tabelas 5 e 6.

Residencial Ravenna

Rua: Waldemar Medeiros, nº64

Número de pavimentos tipo: 10

Área construída: 403,62m² (tipo) Ano: 2005

Construtora: Construtora Nova Trento

Projeto Arquitetônico: Construtora

Vento dominante no local: NE

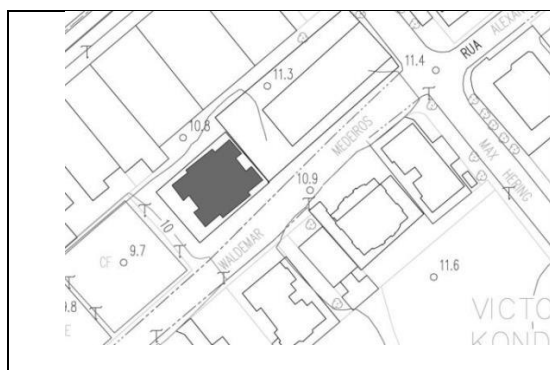


Figura 7: Planta de situação, Escala 1:500
Fonte: Prefeitura Municipal de Blumenau



Figura 8: Fachada frontal Sudeste

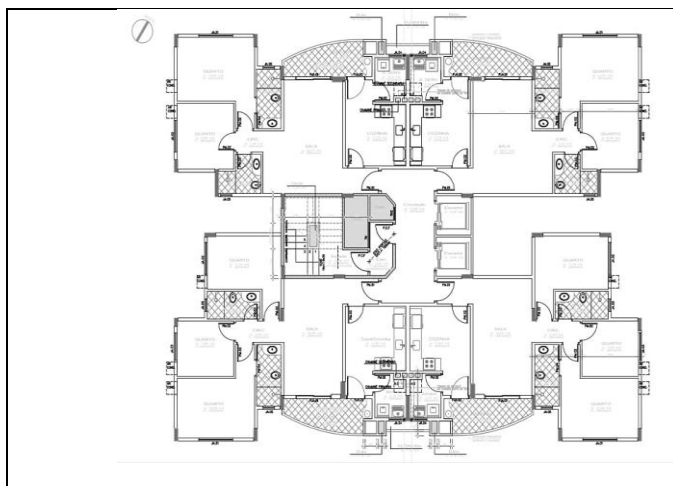


Figura 9: Planta baixa do pavimento tipo
Fonte: Construtora Nova Trento



Figura 10: Vista frontal da rua com acesso social

Tabela 5: Aplicação dos critérios de avaliação de conforto térmico.

Critérios de Avaliação	Pesos e Situações de Avaliação		
	-1	0	+1
CONFORTO TÉRMICO	Inadequado	Parcial	Adequado
CSA - Controle Solar nos ambientes de permanência			Nos quartos e na sala.
VNC - Ventilação natural cruzada: a partir de apto com no mínimo 2 fachadas em orientações diferentes		Somente em lados adjacentes.	
IVNBL - Iluminação e ventilação natural em todos banheiros e lavabos			Banheiros e lavabos com iluminação e ventilação natural.
PSA - Paisagismo com sombra arbórea no térreo, defronte a edificação		Tratamento paisagístico majoritário com gramíneas, flores, arbustos e forragens. Arborização pontual.	

Tabela 6: Aplicação dos critérios de avaliação de funcionalidade.

Critérios de Avaliação	Pesos e Situações de Avaliação		
	-1	0	+1
FUNCIONALIDADE	Inadequado	Parcial	Adequado
DAA - Dimensão adequada dos ambientes			Dimensão mínima maior ao de parâmetros de classe média
APNE - Acessibilidade dos PNE nas áreas comuns do edifício	Sem nenhuma acessibilidade		
PCI - Proteção contra intempéries (cobertura) no acesso principal	Sem cobertura.		
FPA - Flexibilidade do projeto arquitetônico do apto		Uso de sistemas usuais de paredes internas não portantes, que podem ser retiradas.	

4. Análise de resultados

4.1 Os resultados dos edifícios analisados

Os resultados agrupados para os 34 edifícios analisados, devidamente organizados segundo a avaliação de conforto térmico e de funcionalidade, segundo a escala adotada, são adiante apresentados nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7 – Resultados da avaliação nos critérios de conforto térmico dos edifícios 1- 34.

Critérios de Avaliação	Edifícios Analisados												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CONFORTO TÉRMICO													
CSA	+1	+1	+1	+1	0	+1	0	0	-1	+1	+1	+1	+1
VNC	0	0	+1	0	0	0	0	0	+1	0	0	0	+1
IVNBL	+1	+1	+1	0	0	0	+1	+1	0	+1	0	0	+1
PSA	0	-1	0	0	+1	+1	-1	+1	0	0	0	0	0
Avaliação no critério analisado	+2	+1	+3	+1	+1	+2	0	+2	0	+2	+1	+1	+3
Critérios de Avaliação	Edifícios Analisados												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
CONFORTO TÉRMICO													
CSA	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	0
VNC	+1	0	0	0	+1	0	+1	0	0	0	0	0	0
IVNBL	+1	+1	-1	+1	0	0	+1	0	+1	0	0	0	0
PSA	0	+1	+1	+1	+1	0	+1	+1	0	0	-1	-1	-1
Avaliação no critério analisado	+3	+2	+1	+3	+3	+1	+4	+1	+2	+1	-1	0	-1
Critérios de Avaliação	Edifícios Analisados												
	27	28	29	30	31	32	33	34					
CONFORTO TÉRMICO													
CSA	+1	0	0	+1	+1	+1	0	0					
VNC	+1	0	0	0	0	+1	0	0					
IVNBL	+1	0	0	+1	+1	+1	+1	0					
PSA	+1	+1	+1	0	0	0	0	+1					
Avaliação no critério analisado	+4	+1	+1	+2	+2	+3	+1	+1					

Tabela 8 – Resultados da avaliação nos critérios de funcionalidade dos edifícios 1- 34.

Critérios de Avaliação	Edifícios Analisados												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
FUNCIONALIDADE													
DAA	+1	0	+1	0	-1	+1	-1	0	-1	0	+1	+1	+1
APNE	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	0	0	-1	-1	0	-1

Continua

PCI	-1	+1	0	0	0	0	0	+0	+1	0	0	0	0
FPA	0	0	0	0	0	0	0	-0	0	0	0	0	0
Avaliação no critério analisado	-1	0	0	0	-2	+1	-2	0	0	-1	0	+1	0
Crítérios de Avaliação	Edifícios Analisados												
FUNCIONALIDADE	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
DAA	0	0	0	0	+1	0	+1	0	0	0	-1	0	0
APNE	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	0	0	0
PCI	0	0	0	0	0	+1	0	+1	+1	0	0	0	+1
FPA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0
Avaliação no critério analisado	-1	-1	0	0	+1	+1	0	0	0	-1	-1	0	+1
Crítérios de Avaliação	Edifícios Analisados												
FUNCIONALIDADE	27	28	29	30	31	32	33	34					
DAA	+1	0	0	0	0	0	0	0					
APNE	-1	-1	0	-1	-1	-1	0	-1					
PCI	0	+1	0	+1	+1	+1	0	+1					
FPA	0	0	0	0	0	0	0	0					
Avaliação no critério analisado	0	0	0	0	0	0	0	0					

A avaliação final dos 34 edifícios analisados, considerando juntos os critérios de conforto térmico (CT) e funcionalidade (F), é adiante apresentada na tabela 9.

Tabela 9 – Resultados da avaliação final nos critérios de conforto ambiental e funcionalidade dos Edifícios 1- 34.

	Edifícios Analisados												
Avaliação final do edifício: CT e F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	-1	+1	+3	+1	-1	+3	-2	+2	0	+1	+1	+2	+3
	Edifícios Analisados												
Avaliação final do edifício: CT e F	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	+2	+1	+1	+3	+4	+2	+4	+1	+1	0	-2	0	0
	Edifícios Analisados												
Avaliação final do edifício: CT e F	27	28	29	30	31	32	33	34					
	+4	+1	+1	+2	+2	+3	+1	+1					

4.2. Avaliação final de conforto ambiental e funcionalidade

Nos critérios de avaliação de conforto térmico, somente um (1) dos 34 edifícios apresentou valor máximo de avaliação (+4). Cinco (5) edifícios apresentaram valor + 3, próximo a melhor

avaliação. O valor dominante de avaliação é de +1, identificado em oito (8) edifícios. A média geral dos vinte e dois edifícios foi de +1,77.

Nos critérios de avaliação de funcionalidade, nenhum dos 34 edifícios apresentou valor máximo de avaliação (+4). Quatro (4) edifícios apresentaram valor + 1. O valor dominante de avaliação é de 0, identificado em onze (11) edifícios. A média geral dos vinte e dois edifícios foi de +0,31, numa situação de avaliação inferior ao do critério de avaliação de conforto térmico.

Devido aos baixos valores na avaliação de funcionalidade, nenhum dos edifícios avaliados atingiu o valor máximo possível ($4 + 4 = +8$), sendo que somente dois (2) edifícios atingiram o valor de +4.

4.3. Avaliação de Conforto Térmico por Meio de Simulação Computacional em um Edifício Representativo da Amostra

Para verificação do comportamento térmico de um dos edifícios antes analisados na parte de conforto térmico, foi definido aleatoriamente um destes, no caso o Ed. Labes, residencial localizado entre as ruas Martin Luther e São Paulo, bairro Victor Konder, representativo da tipologia arquitetônica analisada, no que se refere ao uso de materiais e sistemas construtivos. Na cidade, esta tipologia arquitetônica é identificada como de um “prédio simples” no bairro de análise. A análise do comportamento térmico foi desenvolvida com uso do *software EnergyPlus* (programa de referência internacional para este tipo de estudo), com cálculo horário das temperaturas internas do ar em situações representativas.



Figura 11: Implantação do Edif. Labes



Figura 12: Fachadas laterais NO e SE do Edif. Labes



Figura 13: Planta baixa do Edif. Labes com destaque para os dois apartamentos de análise e respectivas zonas térmicas

Após escolha da edificação, foram selecionados dois apartamentos semelhantes na planta do pavimento tipo, em situações opostas de orientação solar. Em cada apto, foi identificado um ambiente de análise (dormitório), nominados de zona térmica 1 e 2 (Figura 14), localizados num dos pavimentos tipo. Estas zonas térmicas citadas foram escolhidas para maior análise devido a estes estarem no perímetro recebendo maiores influências dos fatores externos.

A zona térmica 2 simulada (que recebe o Sol da tarde) está orientada para sudoeste/oeste, e a zona térmica 1 (que recebe o sol da manhã) está orientada para nordeste/leste.

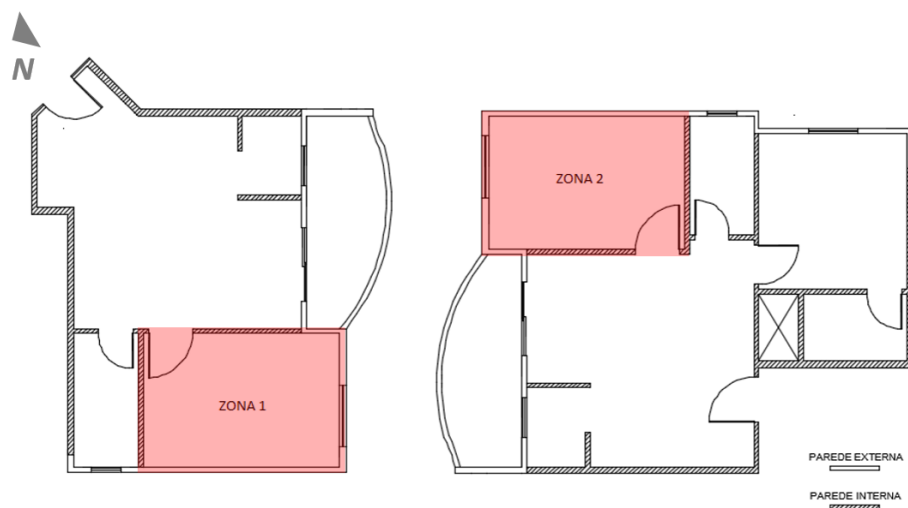


Figura 14 – Apartamento 1 (zona térmica 1) exposto a insolação direta vespertina e apartamento 2 (zona térmica 2) exposto a insolação direta matutina.

Para a realização das simulações foi necessário classificar as atividades desenvolvidas, padrões de uso, iluminação, equipamentos, tipos de materiais construtivos e definição de janelas e portas. As simulações realizadas com base no arquivo *EPW* da cidade de Indaial (Estação do INMET), localizada ao lado de Blumenau, com mesmas características climáticas. As características térmicas dos materiais identificados são adiante apresentadas na tabela 10.

Tabela 10 – Valores de propriedades térmicas de materiais adotados nas simulações. Fonte: ABNT (2005)

ELEMENTO	TIPO DE MATERIAL	Condutividade Térmica W/(m.K)	Peso Específico kg/m ³	Calor Específico J/(kg.K)	Absorbância Solar
Laje	Piso Cerâmico	0,9	1600	920	0,4
	Concreto	1,75	2200	1000	0,9
Parede	Argamassa	1,15	1790	1000	0,3
	Bloco cerâmico	0,9	909	920	0,9

Adiante nas Figuras 15 e 16 são apresentados os resultados de simulação da temperatura do ar nas situações das zonas térmicas 1 e 2 antes citadas, para o mês mais quente do ano (fevereiro) e para o dia com valores internos de temperatura do ar mais altos deste mês.

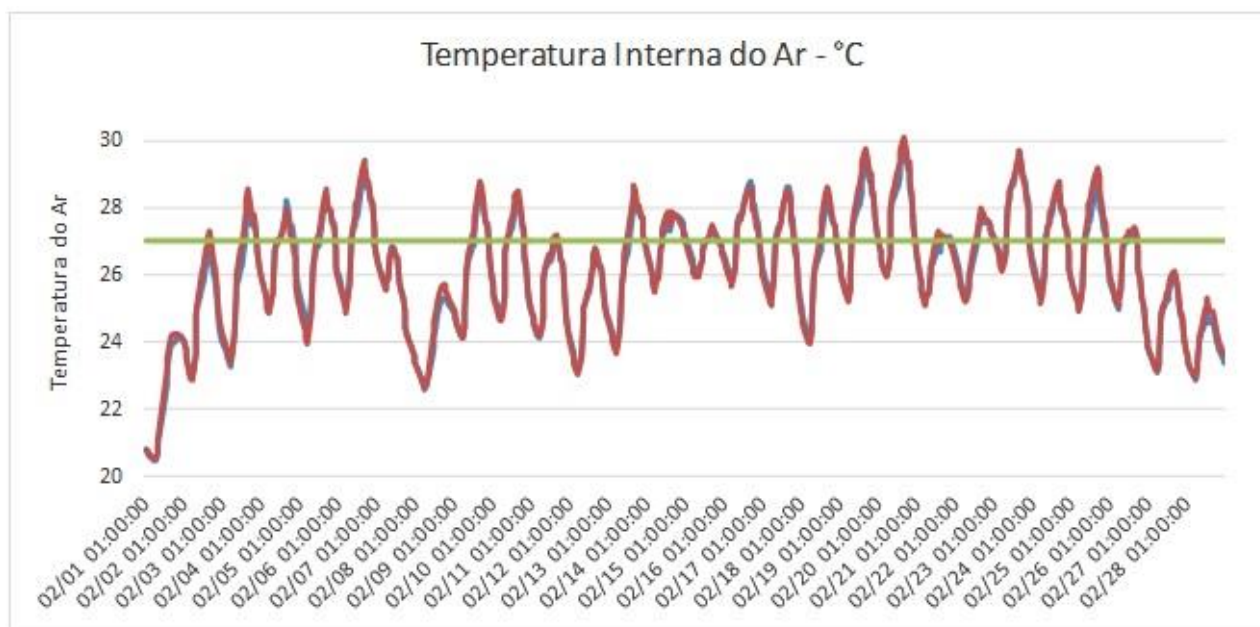


Figura 15 – Gráfico horário das temperaturas internas do ar para o mês de fevereiro

Na situação de verão, a análise detalhada do gráfico de temperaturas internas do ar para o mês de fevereiro (mais quente do ano), identificou os seguintes percentuais de valores internos acima de 27 °C (limite superior de conforto térmico segundo Mahoney para o clima local):

- Quarto do Apto com frente para a rua Martin Luther (zona 1), com 36,44%;
- Quarto do Apto com frente para a rua São Paulo (zona 2), com 34,22%;

As 2 zonas térmicas simuladas apresentaram situação de desconforto por calor muito próximas, apesar de janelas em orientações solares distintas.

A análise dos dados do arquivo climático (tipo epw) de simulação adotado pelo *EnergyPlus*, identificou neste mesmo mês 20,98% de valores acima de 27 °C.

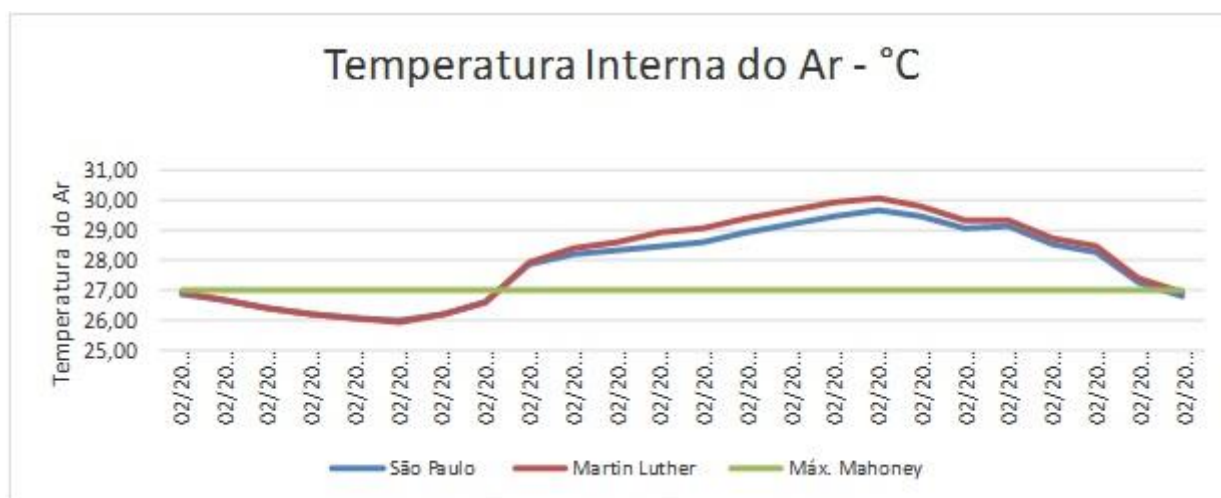


Figura 16 – Gráfico horário das temperaturas internas do ar para o dia 20 de fevereiro com valores internos mais altos

A análise detalhada do gráfico de temperaturas internas do ar para o dia de fevereiro com valores internos mais altos, identificou os seguintes percentuais:

- Quarto do Apto com frente para a rua Martin Luther (zona 1), com 62,5% e máximo de 30,08 °C as 17 h;

- Quarto do Apto com frente para a rua São Paulo (zona 2), com 62,5 % e máximo de 29,71 °C as 17 h.

Neste mês de fevereiro do arquivo climático adotado nas simulações com o programa citado, a média mensal da temperatura externa do ar foi de 24,25 °C, com máxima de 32,7 °C e mínima de 17,9 °C.

Na situação de inverno, a análise detalhada do gráfico de temperaturas internas do ar para o mês de junho (mais frio do ano), identificou os percentuais de valores internos abaixo de 17 °C (limite inferior de conforto térmico segundo Mahoney para o clima local) inferiores a 1% (0,53% para a zona 1 e 0,67% para a zona 2).

A análise dos dados do arquivo climático (tipo *epw*) de simulação adotado pelo *EnergyPlus*, identificou neste mesmo mês 68,06% de valores abaixo de 17 °C.

Neste mês de junho do arquivo climático adotado nas simulações com o programa citado, a média mensal da temperatura externa do ar foi de 15,09 °C, com máxima de 28,9 °C e mínima de 3,5 °C.

5 Conclusões

Este trabalho de pesquisa sobre avaliação funcional e de conforto térmico em edifícios verticais em Blumenau, diagnosticou e avaliou um conjunto de edifícios para uso habitacional em Blumenau, nas abordagens funcional e de conforto térmico.

A avaliação de funcionalidade, que comumente é entendida nos projetos de arquitetura como critério básico de atendimento, não obteve bons resultados. Isto em parte se deve ao fato de os conjuntos de critérios de análise serem mais abrangentes do que somente dimensão mínima dos ambientes, ou seja, englobou outros critérios mais amplos, como a acessibilidade dos PNE nas áreas comuns do edifício, proteção contra intempéries (cobertura) no acesso principal, e flexibilidade do projeto arquitetônico do apartamento.

A avaliação de conforto térmico obteve resultados melhores quando comparada com a avaliação de funcionalidade; no entanto, estão abaixo do esperado, identificando-se deficiências principalmente quanto a ventilação natural cruzada (a partir de apto com no mínimo 2 fachadas em orientações diferentes), relacionada a tipologia dos apartamentos e do pavimento tipo dos edifícios.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15220-2. (2005). Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro.

Bogo, Amilcar José (2017). Clima e arquitetura em Blumenau. Blumenau: FURB, Laboratório de Conforto Ambiental, Revisado – Agosto de 2017. 42 p, il.

Boueri, Jorge (1989). Antropometria: fator de dimensionamento da habitação. 1989. 368p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

- Chvatal, K. M. S. (2014). Avaliação do Procedimento Simplificado da NBR 15575 Para Determinação do nível de Desempenho Térmico de Habitações. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, out./dez. 2014.
- Chvatal, Karin Maria Soares; Marques, Tássia Helena Teixeira (2016). Avaliação de Diferentes Alternativas de Modelagem de Habitações de Interesse Social no Programa de Simulação de Desempenho Térmico Energyplus. *Revista Tecnológica*, v. 25, n. 1, p. 67-79.
- Fossati, M., Scalco; V. A., Linczuk; V. C. C.; Lamberts, R. (2016). Building energy efficiency: An overview of the Brazilian residential labeling scheme. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 1216-1231.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/blumenau.html>
- Mizgier, M. O., & Penso, E. A. (2016). Desempenho térmico de fachadas ventiladas como proposta de retrofit em edifícios comerciais na cidade de São Paulo. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, São Paulo, Anais. São Paulo: ANTAC.
- Ornstein, S. W.; Roméro, M. de A.; Cruz, A. de O. (1997). Avaliação pós-ocupação (APO) aplicada em conjunto habitacional em São Paulo: análise funcional e ergonômica dos ambientes internos do apartamento como indicador de qualidade para futuros projetos. In: Anais do VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Salvador: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- Pickler, Isadora; Bogo, Amilcar J. (2015). Análise das estratégias arquitetônicas de conforto ambiental presentes em projetos de edificações verticais em Blumenau – SC. In.: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC-ELACAC 2015, Campinas SP.
- SIGAD - SISTEMA DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS E DE APOIO À DECISÃO. www.furb.br/sigad. Furb, 2015.
- Silva, A. S.; Ghisi, E. (2014). Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 213-230, jan./mar. 2014.
- Sorgato, M. J.; Melo, A. P.; Marinoski, D. L.; Lamberts, R. (2014). Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 Para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, 2014.
- Triana, Maria Andrea; Lamberts, Roberto; Sassi, Paola. (2016). Desempenho de Habitações de Interesse Social frente às Mudanças Climáticas. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, Anais. São Paulo: ANTAC.
- Uliano, Giane, Bogo, Amilcar José. (2013). Análise das estratégias arquitetônicas de controle solar em aberturas de edifícios verticais em Blumenau SC. In.: XII ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VIII ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Brasília, DF.



Uliano, Giane, Bogo, Amilcar José. (2014). Análise das estratégias arquitetônicas de controle solar em edifícios verticais de uso comercial/serviços e residenciais: parte 2 estudo de caso para o centro de Blumenau SC. In.: XV ENTAC 2014 - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, AL.

Villa, Simone Barbosa; Saramago, Rita De Cássia Pereira; Alves, Caio Augusto. (2015). Avaliação pós-ocupação em edifícios de apartamentos: a qualidade espacial e ambiental em Ribeirão Preto/SP

Villa, S. B.; Ornstein, S. W. (2009). Projetar apartamentos com vistas à qualidade arquitetônica a partir dos resultados da Avaliação Pós-Ocupação (APO). São Carlos, SP, 2009. 1º Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído / IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. EESC-USP, São Carlos, SP, Anais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Regional de Blumenau – FURB por meio dos recursos financeiros da Bolsa de Pesquisa PIBIC-FURB, e ao Povo do Estado de Santa Catarina por meio dos recursos da Bolsa FUMDES Art. 171, que apoiaram o desenvolvimento da pesquisa aqui relatada.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

Kuba, J. C., Bogo, A. J., Vieira, M. (2021). Avaliação funcional e de conforto térmico em edifícios verticais em Blumenau SC. *Holos*. 37 (3), 1-19.

SOBRE OS AUTORES

J. C. KUBA

Bolsista de Pesquisa. Curso de Arquitetura e Urbanismo. Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental - LACONFA/Grupo de Estudo e Pesquisa do Habitat – GEPHabitat.

E-mail: jakelline64@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1716-4920>

A.J. BOGO

Professor e Pesquisador. Curso de Arquitetura e Urbanismo. Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental - LACONFA/Grupo de Estudo e Pesquisa do Habitat – GEPHabitat.

E-mail: bogo.amilcar@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8506-4438>

M. VIEIRA

Bolsista de Pesquisa. Curso de Arquitetura e Urbanismo. Departamento de Arquitetura e Urbanismo Laboratório de Conforto Ambiental - LACONFA/Grupo de Estudo e Pesquisa do Habitat – GEPHabitat.

E-mail: marinavieirasch@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6810-2298>



Editor(a) Responsável: Jacques Cousteau Borges

Pareceristas *Ad Hoc*: GEORGE MARINHO E JERÔNIMO LEITE

