XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Impactos do Planejamento Urbano sobre Três Edificações Históricas na Cidade de Erechim - RS

Impacts of Urban Planning on Thermal Comfort in the City of Erechim – RS

Naahman Lima Pereira
Universidade Federal da Fronteira Sul | Erechim | Brasil | naahman01@gmail.com
Laura Beatriz Fin
Universidade Federal da Fronteira Sul | Erechim | Brasil | fin.laurabeatriz@gmail.com
Clarissa Sartori Ziebell
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre | Brasil | clarissa.ziebell@ufrgs.br

Resumo

O objetivo do presente trabalho é analisar as alterações do novo Plano Diretor de Erechim (RS) e avaliar o seu impacto no que se refere à incidência de radiação solar sobre as superfícies externas de três edificações históricas existentes na cidade. A metodologia é iniciada pela modelagem das edificações, seguida pela realização de um novo modelo, com o desenho parametrizado e considerando os novos índices urbanísticos. Por fim, a incidência da radiação solar é simulada. Observou-se que as alterações dos parâmetros urbanísticos podem implicar na redução do total de radiação solar que incide sobre as edificações.

Palavras-chave: Simulação computacional. Planejamento urbano. Plano diretor. Radiação solar.

Abstract

The objective of the present work is to analyze the modifications in the new Master Plan of Erechim (RS) and to evaluate their impact with regard to the incidence of solar radiation on the external surfaces of three historic buildings in the city. The methodology starts with the modeling of buildings, followed by the creation of a new model, with a parameterized design and considering the new urban indexes. Finally, the incidence of solar radiation is simulated. It was observed that changes in urban parameters may imply a reduction in the total amount of solar radiation that falls on buildings.

Keywords: Computational simulation. Urban planning. Master plan. Solar radiation.

Como citar:
PEREIRA, N. L; FIN, L. B.; ZIEBELL, C. S. T Impactos do Planejamento Urbano sobre Três Edificações Históricas na Cidade de Erechim - RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-15.

INTRODUÇÃO

As cidades muitas vezes abrigam edificações que contam a história de um país. Erechim, município localizado no norte do Rio Grande do Sul (Figura 1), possui construções do período colonial, que refletem o padrão de construção da época. Contudo, como toda a cidade, ao longo dos anos ocorrem transformações urbanas ao redor dessas edificações, o que pode afetar o microclima urbano. Além disso, modificações no entorno dessas edificações podem privá-las do acesso ao sol, por exemplo, afetando o conforto térmico no seu interior durante o período de inverno.

Figura 1: Localização de Erechim



Fonte: os autores

As edificações patrimoniais datam de um tempo em que se usava de materiais locais e naturais, em conjunto com antigas técnicas construtivas e formais, de modo que apresentassem bom desempenho térmico durante todo o ano. Para isso, contavam apenas com a luz solar e o sombreamento, já que não havia o auxílio de equipamentos elétricos para promover o resfriamento e o aquecimento da edificação [1]. Contudo, em consequência da verticalização das cidades, soluções que antes poderiam ser parte importante da climatização natural dos ambientes, podem não mais funcionar de forma adequada devido à redução do número de horas de insolação e à alteração do comportamento dos ventos. Logo, a habitabilidade da edificação fica comprometida: em climas quentes o calor acumulado durante o dia pode não ser removido de forma adequada através da ventilação; em climas frios, por sua vez, o ganho de calor é prejudicado, o que dificulta a troca entre ambiente e ocupante, sendo necessárias estratégias ativas para sua adequação, o que pode desqualificar a arquitetura, provavelmente pensada exatamente em cada detalhe para manter o conforto interno [1].

Ademais, quando há pouca ventilação e insolação torna-se mais difícil a remoção da umidade em determinadas regiões da construção, podendo gerar apodrecimento da madeira e surgimento de limo e mofo [2][3]. A umidade, principal causadora de

patologias nas construções, leva também a presença de infiltrações, manchas, fungos e fissuras, que por sua vez podem levar ao acometimento das estruturas e materialidade, podendo ser intensificadas dependendo do clima do local [4] [5]. Esta situação é também descrita em [6]:

> *Quando a edificação encontra-se em uma posição não propícia à ventilação, e não fica exposta por determinado tempo ao sol, além de tornar-se uma edificação fria em seu interior, por estar localizada em um local de clima úmido, ou seja, estar absorvendo umidade, faz com que a mesma torne-se propícia ao surgimento e a proliferação de mofos, fungos, e outros agentes biológicos causadores de patologias [6].*

Destaca-se que não necessariamente a diminuição da intensidade da radiação solar sobre uma edificação será negativa: além da radiação solar poder contribuir para alterações de cor [7], o aquecimento da madeira gera a dilatação do material, que por sua vez pode provocar deformações ou rupturas [4]. O que se pretende ressaltar é a necessidade da análise do entorno construído na busca pela preservação de edificações históricas.

Na contemporaneidade, o patrimônio histórico, completamente renegado pelas políticas públicas urbanas, sofre com o adensamento de seu entorno e com a falta de políticas de conservação. Sendo assim, entende-se que o ideal seria que o planejamento urbano protegesse essas edificações de novas construções que possam prejudicar a sua conservação ou a sua habitabilidade.

A cidade de Erechim teve seu plano diretor recentemente alterado, o que leva a uma oportunidade de reflexão a respeito do impacto do planejamento urbano sobre edificações históricas. Estabelece-se assim o objetivo principal desta pesquisa, que consiste em comparar as alterações dos índices urbanísticos referente a lei nº 6.256, de 15 de dezembro de 2016, revogada pela lei nº 010, de 02 de dezembro de 2019 do Plano Diretor de Erechim/RS [8] e analisar os possíveis impactos sobre três edificações históricas selecionadas para este estudo. Foi definido como parâmetro de avaliação a incidência de radiação solar sobre as fachadas e coberturas das edificações. Os objetos de estudo selecionados foram três edificações de interesse patrimonial localizadas no centro de Erechim. Espera-se ainda propor um algoritmo paramétrico que possibilite simular diferentes cenários por meio de dados de entrada de parâmetros urbanísticos.

Simulações paramétricas têm sido muito utilizadas como forma de análise de clima, visto que elas permitem a verificação de diferentes situações de forma bastante ágil. Análises deste tipo podem ser encontradas, por exemplo, nos trabalhos de Leone e Florio (2021) [9] e de Lucarelli, Carlo e Martínez (2019) [10]. No primeiro, os autores trabalharam com modelagem paramétrica simulações computacionais como forma de auxiliar a avaliação do desempenho da iluminação natural e da insolação de edifícios não ortogonais ao longo do desenvolvimento de um projeto [9]. Já no segundo, a simulação paramétrica foi utilizada para análise da radiação solar direta e indireta em superfícies complexas [10].

EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS SELECIONADAS

A quadra apresentada na Figura 2 está situada no centro do município de Erechim e foi escolhida por conter três edificações históricas. O Castelinho, como é popularmente conhecido, é tombado a nível estadual, enquanto que as outras duas edificações possuem inventário histórico pelo município. Apesar da semelhança no estilo colonial, telhado com caimento muito inclinado utilizando a cerâmica como material, cada edificação segue uma tipologia única [11].

Figura 2: Mapa de situação



Fonte: os autores.

O Castelinho (Figura 3, ao centro), edifício localizado na Praça da Bandeira, construído no ano de 1912, foi o primeiro a abrigar a função pública no município. Além do uso administrativo, foi residência do intendente e já abrigou serviços aos imigrantes [11]. Com base no inventário feito pela prefeitura, o edifício possui uma arquitetura de influência europeia, com o uso da madeira de pinheiro como material principal de sua construção. O castelinho marca uma arquitetura de época para o município. Segundo a Prefeitura Municipal de Erechim (2019, s/p.) [11], essa edificação é considerada um "exemplar diferenciado da arquitetura em madeira da colonização", porém se assemelha a outras edificações do mesmo período devido à acentuada inclinação do telhado e à presença do porão.

> *O porão foi importante elemento, pois serviu para elevar a edificação em relação ao nível da rua, conferindo-lhe maior imponência através da altura e*

> *da escadaria frontal que era o seu principal acesso. Já o telhado é característico dos imigrantes, por estes serem oriundos de regiões frias, onde a neve era uma constante, os telhados precisavam possuir grandes inclinações para não acumular neve e facilitar o derretimento e escoamento da água. [11].*

A segunda edificação, chamada aqui de Casa 1, (Figura 3, à esquerda), construída entre 1940 e 1953, está localizada na rua Amintas Maciel, nº 93. Trata-se de uma edificação construída em madeira, com um pavimento e sem recuos laterais. A cobertura segue um esquema de caimento de quatro águas com telha cerâmica. Essa construção histórica é reconhecida também como umas das primeiras residências de imigração europeia na cidade [11].

A segunda edificação, chamada aqui de "Casa 2" (Figura 3, à direita) está localizada em um terreno de esquina, na Rua Valentim Zambonato, nº16. A edificação foi erguida entre (1940-1953), através de um sistema construtivo misto (com predominância da madeira) [11]. Possui três pavimentos, incluindo um porão e um sótão. A construção histórica é considerada uma das primeiras residências da cidade e serviu de moradia para as primeiras famílias do município. Possui uma volumetria própria da residência colonial italiana, com telhado em duas águas e grande inclinação para o escoamento da chuva, marcando uma arquitetura de origem colonial [11].

Figura 3: Edificações selecionadas como estudo de caso.



Fonte: os autores.

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE ERECHIM

De acordo com os estudos climáticos para o clima da região sul do Brasil realizados pela Embrapa [12], o município de Erechim é classificado pela zona climática subtropical (Cfa, segundo a classificação de Köppen de 1900). Além disso, o município apresenta as quatros estações bem definidas. Segundo dados publicados em Projeteee - Projetando Edificações Energeticamente Eficientes [13], baseados nos arquivos climáticos do INMET de 2016 [14], a temperatura de bulbo seco média é mais elevada no período entre dezembro e janeiro (ficando em torno de 21°C) e é mais baixa em junho, quando a média mensal não ultrapassa os 11°C. A umidade relativa média mensal permanece acima de 65% durante todo o ano, tendo seu pico em junho, quando atinge em torno de 84%. Ainda segundo o mesmo levantamento, julho é o mês que apresenta o menor índice de precipitação, enquanto que outubro é o mais chuvoso. Considerando que a cidade de Erechim tem o frio como o principal

responsável pelo período de desconforto da população durante o ano, estratégias de aquecimento passivas, dependentes da luz solar, são as principais para o aquecimento das edificações [15], reforçando a importância da análise da radiação solar sobre as edificações.

PLANO DIRETOR DE ERECHIM

Conforme mencionado na introdução, o Plano Diretor da Cidade de Erechim, estabelecido pela lei nº 6.256, de 15 de dezembro de 2016 e suas alterações, foi recentemente substituído pela lei complementar nº 010, de 02 de dezembro de 2019 [8]. Pode-se observar que da lei de 2016 para nova lei de 2019 ocorreram alterações significativas nos instrumentos do regime urbanístico. Analisando as unidades territoriais em estudo, a unidade mista UM1 apresentou algumas alterações no que se refere ao índice de aproveitamento do lote, a altura da edificação e aos recuos de fundo, de frente e laterais (Tabela 1).

Tabela 1: Alterações na lei do Plano Diretor

UNIDADE MISTA UM1		LEI Nº 6.256 DE 2016	LEI Nº 010 DE 2019
Índice de aproveitamento	Hab. Comércio e serviços:	3,5	8.5
	Indústria e depósito	1	1
Taxa de ocupação	Subsolo	100%	100%
	Demais pavimentos	80%	80%
Altura da edificação	Número de pavimentos	15	30
	Limite de altura (m)	48	93
Recuos de fundo/laterais	Base- paredes com aberturas	Nunca inferior a 2,5	2m
	Base- paredes sem aberturas	Não há recuos	não há recuos
	Torre- paredes com aberturas	H/15+ 1,70m e nunca inferior a 2,5m	H/18+ 1,40m e nunca inferior a 2m
	Torre- paredes sem aberturas	H/23+ 1,1m e nunca inferior a 2m	H/23+ 1,4m e nunca inferior a 2m
Recuo de frente	UTM 1	Isento	Isento de recuo de frente
	UTM2	base isenta e torre 4m	
Parcelamento do solo		L3	L3

Fonte: os autores, baseado na Lei nº 6.256, de 15 de dezembro de 2016 e suas alterações e na lei complementar nº 010, de 02 de dezembro de 2019.

Uma rápida análise da Tabela 1 mostra que a paisagem urbana de Erechim pode vir a sofrer transformações, o que por sua vez deve interferir na qualidade do conforto térmico urbano. Se antes a lei de 2016 permitia que a altura das edificações na unidade mista 1 atingisse até 15 pavimentos, com o limite máximo de 48 metros e com recuos laterais de 2,5 metros em paredes com aberturas, hoje a nova lei do plano diretor de 2019 possibilita construções de edifícios maiores com altura máxima de até 93 metros e recuos menores entre as edificações. Sabe-se que a diminuição dos recuos leva a um aumento das áreas sombreadas das edificações vizinhas, o que compromete o ganho de calor para os ambientes internos. Além disso, o adensamento de edifícios modifica o fluxo dos ventos. Tal fato torna interessante o estudo do impacto desses índices sobre o microclima urbano.

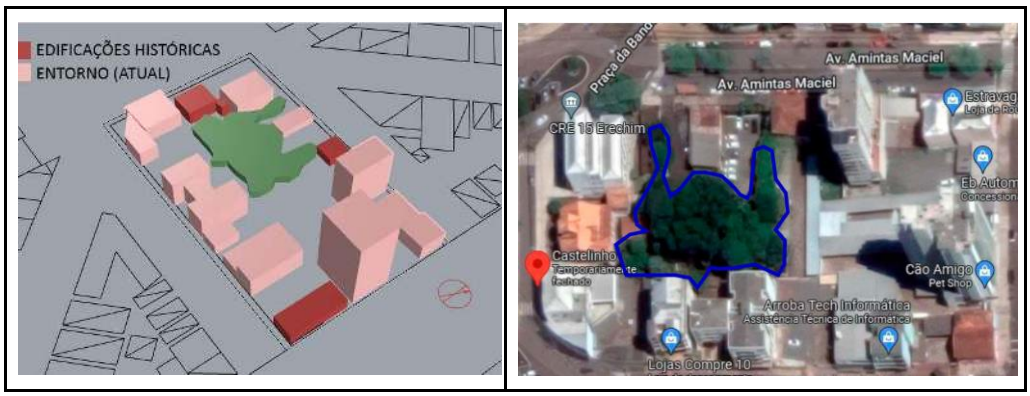
METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto de avaliar o impacto das alterações no Plano diretor de Erechim nas três edificações históricas previamente selecionadas, foram definidas três etapas. A primeira etapa consistiu na modelagem geométrica da situação inicial, realizada no *software Rhinoceros*. Na segunda etapa, um novo modelo foi construído, porém com o desenho das edificações parametrizado com base nos índices urbanísticos definidos no novo plano diretor, através do *plugin Grasshopper*, que roda no *Rhinoceros*. Com base nesse modelo foram gerados dois diferentes cenários, que consideraram: adoção do limite máximo de altura e do índice de aproveitamento (chamado aqui de “situação 1”); e adoção do limite máximo de altura do plano diretor antigo e do índice de aproveitamento máximo do plano atual (chamado aqui de “situação 2”). Em todos os casos os limites máximos devem gerar edificações com pelo menos 10 metros de largura. As únicas edificações que mantiveram a sua geometria intacta foram as três edificações históricas. Por fim, na terceira etapa, foi simulada e avaliada a radiação solar incidente sobre as superfícies externas das três edificações históricas em todos os três cenários (incluindo o cenário atual). As simulações são realizadas no *plug-in Ladybug* [16] para *Grasshopper*. A seguir, cada uma dessas etapas é detalhada.

ESTRUTURAÇÃO DO ALGORITMO NO GRASSHOPPER

Inicialmente um modelo tridimensional foi desenvolvido com base no levantamento das construções existentes no lote selecionado (Figura 4, à esquerda). A vegetação no miolo da quadra foi simulada através de um sólido gerado a partir de uma polilinha, que envolve o contorno da vegetação, quando visto de cima (Figura 4, à direita). Ressalta-se que as edificações não foram desenhadas em detalhe, mas sim representadas por sólidos prismáticos, com altura definida com base no número de pavimentos.

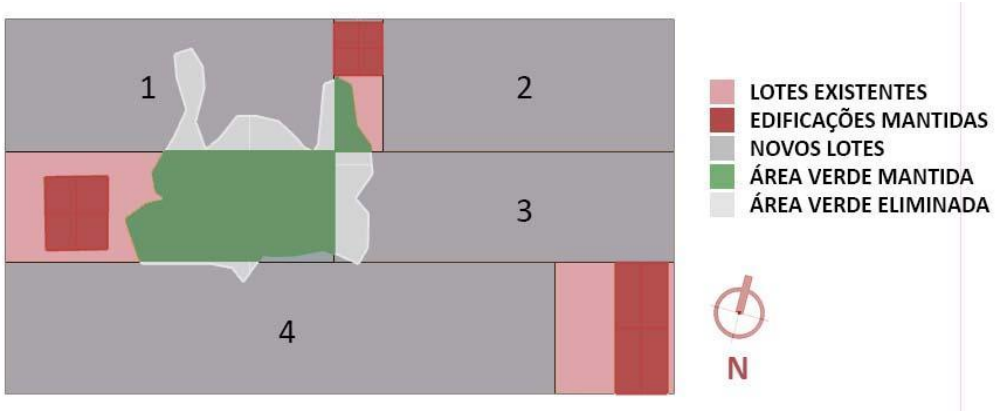
Figura 4: Definição do cenário atual, com identificação das edificações selecionadas como estudo de caso.



Fonte: os autores.

Em seguida, para a simulação de possíveis cenários futuros, foi desenvolvido um algoritmo a partir de parâmetros urbanísticos da legislação urbana atual do município de Erechim-RS. Inicialmente, a fim de manter as edificações históricas intactas, foram definidas quatro áreas de possíveis alterações dentro do lote (Figura 5). Ou seja, apenas o entorno das três edificações em estudo neste artigo pode ser alterado. Na Figura 5 é possível observar que parte da vegetação existente teve de ser eliminada em função da área ocupada pelos quatro lotes.

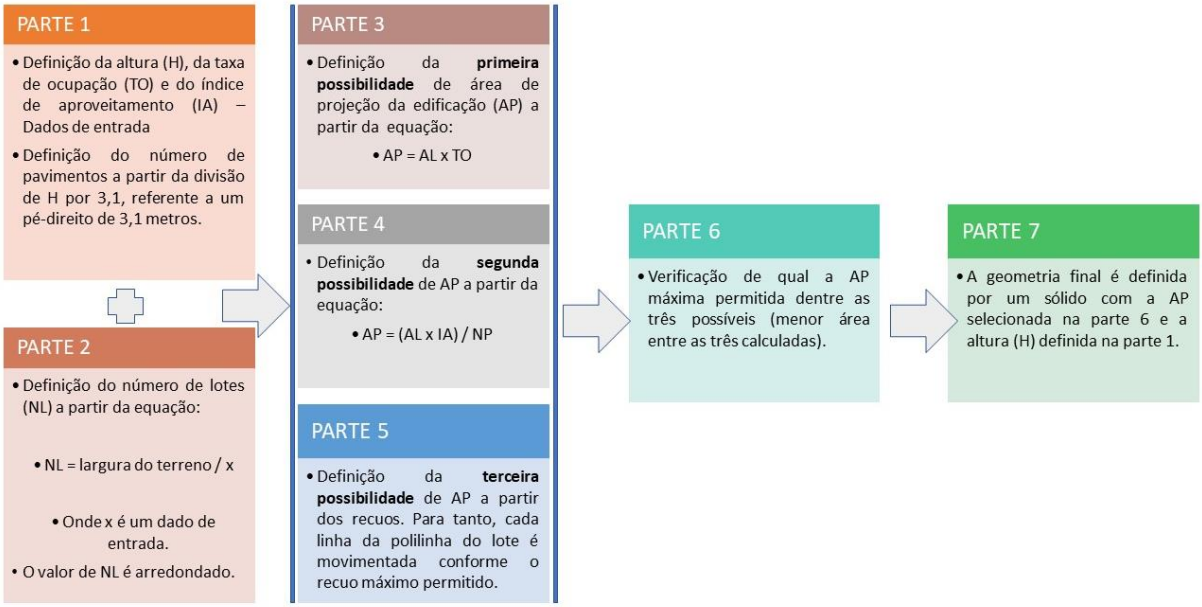
Figura 5: Regiões da quadra parametrizadas.



Fonte: os autores.

O algoritmo para gerar as edificações que podem vir a ser construídas conforme os novos índices foi estruturado em sete partes. A Figura 6 ilustra a estrutura do algoritmo.

Figura 6: Descrição do algoritmo criado no Grasshopper.



Fonte: os autores.

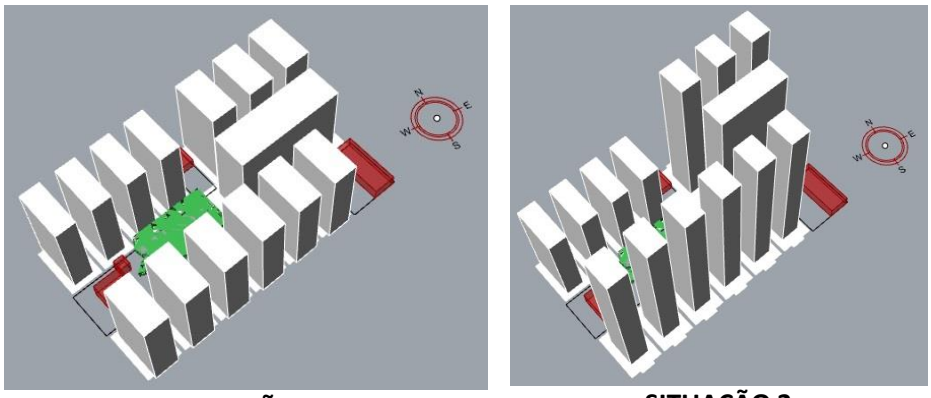
A partir da Figura 6, observa-se na parte 1 e 2 que como dados de entrada para a definição da geometria, devem ser informados os três índices urbanísticos (altura – H -, taxa de ocupação – TO - e índice de aproveitamento – IA) e o valor de x, que servirá para definir o número de lotes de cada um dos quatro terrenos. A parte 2 deste algoritmo foi baseada na calculadora de índices urbanos, desenvolvida por Queiroz (2016) [17]. Para este artigo, o valor de x foi mantido sempre em 20 para as quadras 1, 2 e 3, o que gerou quatro, três e seis lotes, respectivamente. Na quadra 4 foi mantido apenas um lote, que é o mais adequado devido ao tamanho do retângulo (Figura 5).

Em seguida, nas partes 3, 4 e 5, são definidas três possibilidades de áreas de projeção da edificação, sendo que a primeira gerada pela multiplicação da área do lote (AL) pela taxa de ocupação (TO), a segunda gerada pela multiplicação da AL pelo índice de aproveitamento (NL), com posterior divisão pelo número de pavimentos, e a terceira definida pelos recuos mínimos.

Na parte 6 ocorre uma verificação de qual dessas áreas é a menor, que será a escolhida como área de projeção da edificação. Por fim, na parte 7, o sólido será gerado a partir da extrusão da área de projeção, levando em consideração a altura definida na parte 1.

Conforme explicado anteriormente, serão considerados dois diferentes cenários nessa avaliação, onde ambos levam em consideração a maior altura possível da edificação, ou seja, 93 metros (o que equivale a uma edificação de 30 pavimentos, caso considere que cada pavimento tem 3,1 metros de altura). Os cenários obtidos estão apresentados na Figura 7. Ressalta-se que no lote 1 da situação 2, a fim de manter as fachadas com o mínimo de 10 metros de largura, a altura foi definida em apenas 52 metros.

Figura 7: Cenários futuros simulados.



SITUAÇÃO 1 **SITUAÇÃO 2**

Fonte: os autores.

SIMULAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR

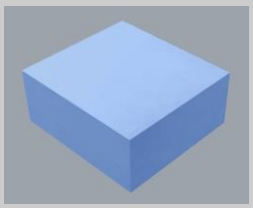
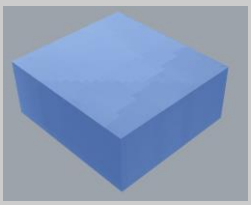
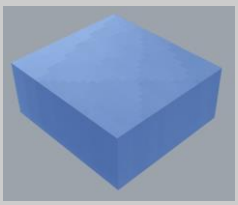
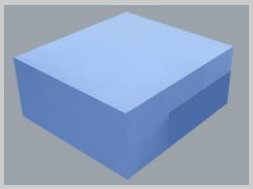
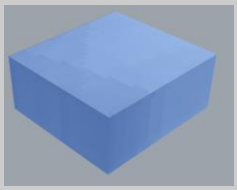
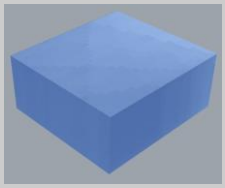
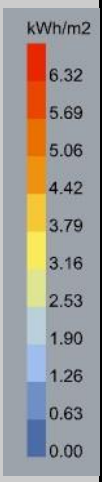
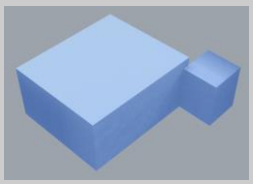
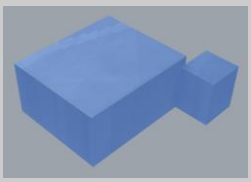
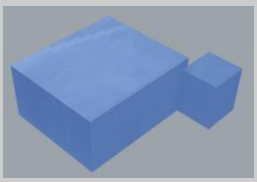
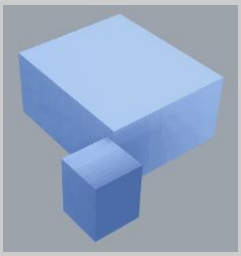
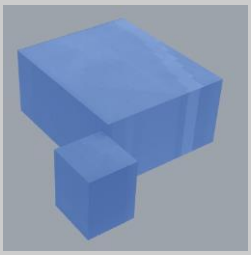
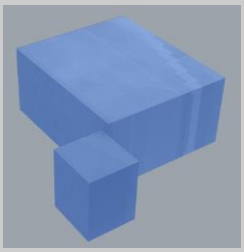
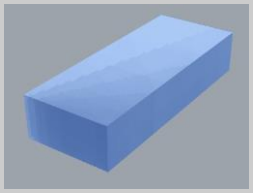
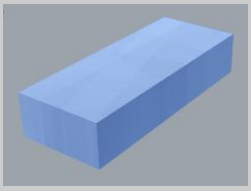
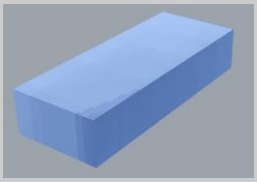
A simulação do algoritmo foi conduzida para analisar a incidência solar em kwh/m². As simulações ocorreram para os dias correspondentes aos solstícios de inverno e de verão (21 de junho e 21 de dezembro, respectivamente). As fachadas avaliadas foram aquelas sombreadas pelas edificações vizinhas, visto que neste artigo não foram consideradas as edificações dos quarteirões ao lado. O componente utilizado para gerar os dados foi o "*LB Incident Radiation*", que simula a radiação solar considerando a geometria e o contexto da paisagem no entorno das edificações. Para que o componente funcione, também é necessário conectar a ele o componente chamado "*LB Cumulative Sky Matrix*", que gera uma matriz da cúpula do céu com valores de radiação. Neste último componente, por sua vez, é necessário informar dados como a localização, a radiação solar direta e a radiação horizontal difusa. Tais dados são retirados do arquivo climático chamado BRA_RS_Erechim.869540_INMET, obtido no site do EnergyPlus [18].

ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir comparam a incidência de radiação solar direta sobre as fachadas e coberturas das edificações históricas em estudo. Com base no gráfico gerado para o solstício de inverno, observa-se que no Castelinho e na Casa 1 há uma maior exposição à radiação solar na cobertura e nas fachadas sudeste e nordeste, como indicado na Tabela 2. Ressalta-se que a Casa 2 não teve as fachadas voltadas para a esquina estudadas, já que não foi inserida nas simulações as edificações das quadras vizinhas. Na situação 1, quando os índices urbanísticos de altura e índice de aproveitamento são alterados para o máximo permitido, as edificações do entorno causam o bloqueio na incidência solar nessas três edificações, gerando uma menor exposição à radiação solar ao longo do dia. Essa condição pode implicar diretamente na qualidade do conforto térmico nas edificações ao longo do dia, o que será estudado no decorrer desta pesquisa. Na situação 2, foi avaliado um cenário com base no máximo da altura permitida pela legislação anterior (48m) e o máximo do índice de aproveitamento da legislação atual. O resultado encontrado é

muito próximo da situação 1. Nesse caso, apesar de menor altura, os recuos entre as edificações também são menores, o que, do mesmo modo, pode provocar regiões de sombra.

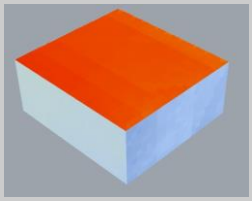
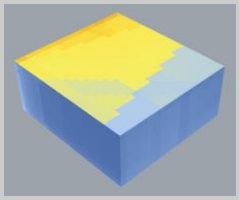
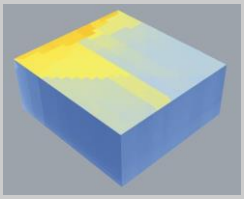
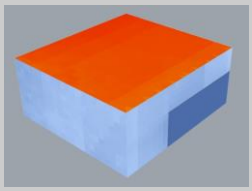
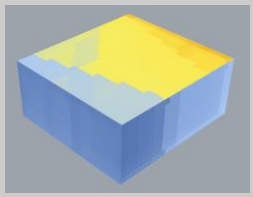
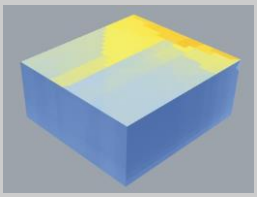
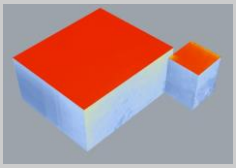
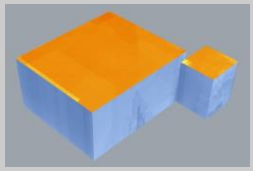
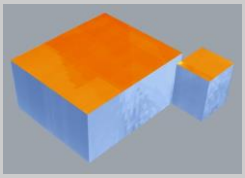
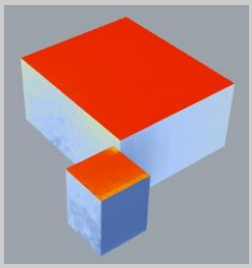
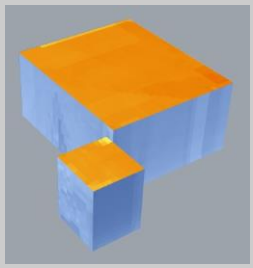
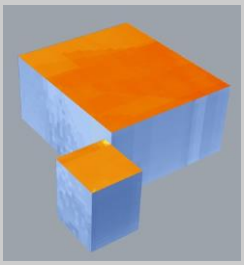
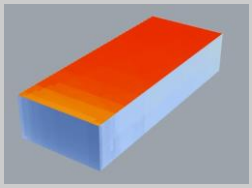
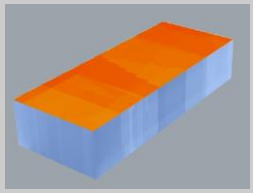
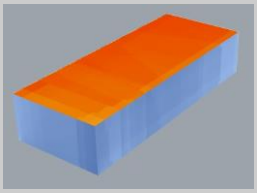
Tabela 2: Resultados para o solstício de inverno (21/6)

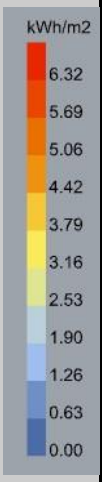
	ORIGINAL	SITUAÇÃO 1	SITUAÇÃO 2	
CASA 1 (LOCALIZADA NA AV. AMINTAS MACIEL)				
SE / NE				
SW / SE				
CASTELINHO				
SW / SE				
SE / NE				
CASA 2 (LOCALIZADA NA R. VALENTIM ZAMBONATTO)				
NW / SW				

A segunda análise foi feita para o solstício de verão. No cenário atual, nas coberturas, foi registrado o valor máximo de incidência de radiação solar ao longo do dia. Tanto no Castelinho, quanto na Casa 1, quase todas as quatro fachadas apresentam uma

incidência de radiação solar homogênea. A única exceção é a fachada sudeste, sombreada pela vegetação presente nos fundos. Contudo, na Casa 2, em função da edificação vizinha de 13 andares, há menor incidência de radiação solar na fachada Noroeste.

Tabela 3: Resultados para o solstício de verão (21/12)

	ORIGINAL	SITUAÇÃO 1	SITUAÇÃO 2
CASA 1 (LOCALIZADA NA AV. AMINTAS MACIEL)			
SE / NE			
SW / SE			
CASTELINHO			
SW / SE			
SE / NE			
CASA 2 (LOCALIZADA NA R. VALENTIM ZAMBONATTO)			
NW / SW			



Na situação 1 foi constatada uma diminuição de horas de exposição solar, tanto nas fachadas, quanto nas coberturas. A maior alteração ocorreu na Casa 1, com a

cobertura mais sombreada. Novamente não foram encontradas alterações significativas entre as situações 1 e 2.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou verificar possíveis cenários construtivos em um futuro próximo, com base nos índices apresentados pelo novo Plano Diretor de Erechim. O algoritmo desenvolvido permite a mudança deste cenário de forma rápida, facilitando a visualização de diversas possibilidades. Contudo, para a análise da radiação solar, há uma exigência de capacidade computacional que pode tornar a avaliação demorada.

Este trabalho buscou ainda avaliar que impactos esses cenários podem causar nas edificações históricas selecionadas para este estudo. Os resultados demonstraram que tanto no inverno, quanto no verão, os cenários estudados devem reduzir a incidência total de radiação solar nas fachadas. No inverno, esta pode ser uma situação preocupante, visto que as casas não possuem isolamento térmico. A face mais afetada foi a cobertura, grande responsável pela captação solar. Contudo, no verão, a diminuição da incidência de radiação solar pode ser benéfica, visto que irá gerar uma diminuição dos ganhos térmicos das edificações. Logo, nas próximas etapas da pesquisa, será estudado o conforto térmico nas edificações selecionadas neste trabalho nos diferentes cenários simulados. Além disso, a área afetada pelo novo plano diretor será expandida, permitindo assim a avaliação do impacto causado pelas edificações vizinhas.

Sempre deverá haver espaço para o crescimento da cidade, porém esse crescimento deve ser consciente, de forma a não prejudicar não somente o futuro do patrimônio que ela abriga, mas até mesmo de edificações contemporâneas de baixa altura. Conforme dito anteriormente, edificações sem acesso a luz solar e ventilação acabam se tornando frias e úmidas, o que pode levar ao surgimento de patologias. Deve-se pensar a cidade de forma a evitar cenários deste tipo, e por sua vez evitar a perda do patrimônio.

Considera-se importante esta primeira avaliação não somente como forma de melhor identificar os impactos das edificações vizinhas sobre as casas patrimoniais, mas também como forma de incentivar o pensamento da cidade como um todo, onde uma construção nunca está sozinha, mas sim afetando e sendo afetada pelas construções vizinhas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa - UFRGS.

REFERÊNCIAS

[1] PEREIRA, Júlio César. Sustentabilidade no Patrimônio Histórico nas Edificações Revitalizadas. In: CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS – PATORREB, 6., 2018, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica UFRJ,

2018. p. 1-10. Disponível em: https://www.nppg.org.br/patorreb/files/artigos/80497.pdf. Acesso em: 12 ago. 2022.

[2] SILVA, Mariana Estima; TORRES, Ariela da Silva; SALAMONI, Isabel Tourinho. Análise da influência de porões ventilados no estado de conservação de edificações históricas com novos usos na cidade de Pelotas/RS. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 204-215, 7 nov. 2017. Universidade Federal de Goiás. http://dx.doi.org/10.5216/reec.v14i1.45982.TORRES et al., 2018

[3] TORRES, Ana Clara dos Anjos; PORTO, Thiago Bomjardim; AZEVEDO JUNIOR, Antônio Pires; GOMES, Romero Cesar. RESTAURAÇÃO DE ESTRUTURA EM MADEIRA DA IGREJA NOSSA SENHORA DO CARMO EM DIAMANTINA – MG: estudo de caso [restoration of wooden structure of nossa senhora do carmo church in diamantina ⁚: mg. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 85-98, 13 ago. 2018. Universidade Federal de Goiás. http://dx.doi.org/10.5216/reec.v15i1.49322.

[4] STOLZ, Carina Mariane; WASEM, Karen Schardong. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÃO HISTÓRICA NO VALE DOS SINOS/RS. **Revista Tecnologia e Tendências**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 37-52, 15 set. 2020. Associacao Pro-Ensino Superior em Novo Hamburgo. http://dx.doi.org/10.25112/rtt.v11i1.2189.

[5] LERSCH, Inês Martina. **Contribuições para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em Edificações do Patrimônio Cultural de Porto Alegre**. 2003. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3674. Acesso em: 12 ago. 2022.

[6] PINTO, Thayná Fructuoso Moreira; DEVITTE, Alessandra. Plano diretor versus preservação: sua relação com o surgimento de patologias em edificações históricas de itajaí/sc. In: POISSON, Editora (org.). **Estudos Brasileiros sobre Patrimônio**. Belo Horizonte: Poisson, 2020. Cap. 1. p. 6-15. Disponível em: https://www.poisson.com.br/livros/patrimonio/volume4/. Acesso em: 12 ago. 2022.

[7] CASTRO, Vinícius Gomes de; GUIMARÃES, Pompeu Paes. Agentes Deterioradores Abióticos. In: CASTRO, Vinícius Gomes de; GUIMARÃES, Pompeu Paes. **Deterioração e Preservação da Madeira**. Mossoró: Edufersa, 2018. Cap. 1. p. 7-20. Disponível em: https://livraria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/165/2019/02/deterioracao-e-preservacao-da-madeira002.pdf. Acesso em: 12 ago. 2022.

[8] PREFEITURA DE ERECHIM. **Leis do Plano Diretor (Principais)**. Disponível em: https://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/810/leis-do-plano-diretor-principais/ . Acesso em: 31 maio 2022.

[9] LEONE, C.; FLORIO, W. Análise paramétrica de iluminação natural e de proteção solar de edifícios torcidos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 247-270, out./dez. 2021. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000400568

[10] LUCARELLI, C. de C.; CARLO, J. C.; MARTÍNEZ, A. C. P. Parametrização e simulação de radiação solar para otimização de uma cobertura modular. P**ARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019017, 2019. DOI: 10.20396/parc.v10i0.8653371. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653371. Acesso em: 31 maio. 2022.

[11] PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM (Erechim). Inventário de Bens Culturais Municipais. **Bens Edificados**. Erechim: [*s. n.*], 2019.

[12] EMBRAPA, Brasil. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil:** Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. DF, Brasília: Editora técnicos, Marcos Silveira Wrege, Sílvio Steinmetz, Carlos Reisser Júnior, Ivan Rodrigues de Almeida, 2012.

[13] PROJETEEE - Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. **Dados Climáticos**. Disponível em: http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/?cidade=RS+-+Erechim&id_cidade=bra_rs_erechim.869540_inmet. Acesso em: 12 ago. 2022.

[14] LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Arquivos Climáticos INMET 2016**. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016. Acesso em 12 ago. 2022.

[15] PEREIRA, Naahman Lima; FIN, Laura Beatriz; ENGEL, Ernestina Rita Meira; ZIEBELL, Clarissa Sartori; GONÇALVES, Pedro Henrique. Levantamento das Estratégias Bioclimáticas para Erechim/RS. In: CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E CULTURA - CONEPEC, 9., 2020, Cidade de Goiás. **Anais [...]**. Cidade de Goiás: Ufg, 2020. p. 101-114. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/190/o/Anais_CONEPEC_2020_03_FINAL-min.pdf. Acesso em: 12 ago. 2022.

[16] LADYBUG TOOLS. **Ladybug Tools - Making environmental design knowledge and tools freely accessible to every person, project and design process**. Disponível em: https://www.ladybug.tools/. Acesso em: 31 maio 2022.

[17] QUEIROZ, Natália. **Bugtecture - Modelagem paramétrica e arquitetura performativa**. 2016. Disponível em: https://www.bugtecture.com/. Acesso em: 12 ago. 2022.

[18] ENERGYPLUS. **Weather Data.** Disponível em: https://energyplus.net/weather. Acesso em: 31 maio 2022.