

CONFORTO TÉRMICO DA ARQUITETURA VERNACULAR PRODUZIDA PELOS DESCENDENTES DA POMERÂNIA NO SUL DO BRASIL

*THERMAL COMFORT IN VERNACULAR ARCHITECTURE PRODUCED
BY POMERANIAN DESCENDANTS IN SOUTHERN BRAZIL*

Suzana Zehetmeyer Treichel¹

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil, suzanatreichel@gmail.com

Antonio Cesar Silveira Baptista da Silva²

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil, acsbs@ufpel.edu.br

Ana Lúcia Costa de Oliveira³

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil, lucostoli@gmail.com

Resumo

O presente artigo visou caracterizar o conforto térmico da arquitetura vernacular produzida por descendentes Pomeranos na região Sul do Brasil, a partir da coleta de dados in situ de características externas e internas. Para as características externas, foram analisadas um total de 126 casas. Com esses dados, foi realizada uma classificação preliminar dos tipos arquitetônicos da região. Após essa etapa, foram selecionadas 18 casas, das 126 analisadas anteriormente, para a coleta de dados arquitetônicos e construtivos. Com essa nova análise, se obteve a classificação final de quatro tipos arquitetônicos, com materiais e períodos construtivos distintos. Os quatro tipos selecionados estão em um recorte temporal de 100 anos (1870 a 1970), e foram analisados quanto ao conforto térmico. Foi possível observar que os diferentes tipos não apresentaram índices elevados de conforto. Observou-se também que a orientação solar pouco influenciou nas questões de conforto, assim como também não foram observadas diferenças significativas entre os diferentes tipos, embora as casas do Tipo IV terem apresentado uma sutil melhora de conforto térmico, quando comparado com os demais tipos arquitetônicos. Essas poucas variações do comportamento térmico entre as diferentes orientações solares e os diferentes tipos arquitetônicos podem ser explicadas pela elevada capacidade térmica das paredes e a pequena área de abertura na fachada que as casas apresentam, mantendo as temperaturas internas com menor variação, em relação ao ambiente externo. Através deste trabalho foi possível abordar a complexa interação entre clima, cultura e tecnologia nas habitações estudadas.

Palavras-chave: Tipologias arquitetônicas. Simulação computacional. Desempenho térmico. Índice de conforto.

Abstract

This study aimed to characterize the thermal comfort of the vernacular architecture produced by Pomeranian descendants in southern Brazil, based on in situ data collection of external and internal characteristics. External characteristics were analyzed for a total of 126 houses. These data were used to carry out a preliminary classification of regional architectural types. Then, 18 houses were selected, from the 126 analyzed previously, for the collection of architectural and construction data, obtaining a final classification of four architectural types, corresponding to different materials and constructive periods. The four selected types are within a 100-year time period (1870 to 1970), and were analyzed regarding thermal comfort. Results showed that the different types did not present high levels of comfort. The solar orientation had little influence on comfort results, and no significant differences were observed between the different types, although houses of type IV presented a slight thermal comfort improvement, when compared to the other architectural types. These few variations of the thermal behavior between the different solar orientations and the different architectural types could be explained by the high thermal capacity of the walls and the small window-to-wall opening area that the houses present, maintaining internal temperatures with a less variation, in comparison to the outdoor environment. Through this work it was possible to address the complex interaction between climate, culture and technology in the studied dwellings.

Keywords: Architectural typologies. Computer simulation. Thermal performance. Comfort index.

How to cite this article:

TREICHEL, Suzana Zehetmeyer; SILVA, Antonio Cesar Silveira Baptista da; OLIVEIRA, Ana Lúcia Costa de. Conforto térmico da arquitetura vernacular produzida pelos descendentes da Pomerânia no sul do Brasil. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019003, jan. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em:
<<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652296>>. Acesso em: 30 dez. 2018.
doi:<https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652296>.

Received in 22.04.2018 - accepted in 01.11.2018

e019003-1 | **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 10, p. e010903, 2019, ISSN 1980-6809

Introdução

As construções vernaculares expressam a forma física de valores que uma determinada cultura emprega nas suas edificações. Nesse contexto, o homem adota estratégias voltadas para alcançar o conforto ambiental de sua edificação, empiricamente, desde as suas primeiras construções.

O ambiente construído tem efeitos diretos na satisfação e no bem-estar humano (SOLEYMANPOUR; PARSAAE; BANAEI, 2015). Portanto, um aspecto importante a ser considerado durante a construção de uma edificação é a questão do conforto térmico dos usuários. No contexto moderno, a arquitetura vernacular pode fornecer soluções para uma série de problemas relacionados à disponibilidade de recursos, alto consumo de energia, entre outros aspectos. A exploração das estratégias de design passivo dos ocupantes é, segundo Kalogirou, Florides e Tassou (2002), um pré-requisito para a melhoria das condições de conforto interno nas construções. Nos últimos anos, materiais de construção modernos, como cimento e aço, substituíram a maioria dos materiais locais, devido à alta durabilidade, baixa manutenção, baixa probabilidade de corrosão e decaimento, e facilidade de construção (LEO SAMUEL et al., 2017).

A arquitetura vernacular cuida dos recursos climáticos e de conservação da energia, proporcionando conforto térmico aprimorado (CHANDEL; SHARMA; MARWAH, 2016). As tradições vernaculares são moldadas fortemente pela cultura, clima e localização geográfica (PREVITALI; ZHAI, 2016). Contudo, um estudo elaborado por Supic (1982) já discutia que desde o início da década de 1980, os conhecimentos das práticas construtivas estavam sendo lentamente esquecidos. Os aspectos ligados ao design das construções vernaculares estão relacionados ao posicionamento do espaço interno dos ambientes, no fornecimento de espaços de atividades e nas técnicas construtivas internas e externas empregadas (CHANDEL; SHARMA; MARWAH, 2016).

A caracterização da arquitetura vernacular, segundo Supic (1982), está ligada ao grau de urbanidade da região. Nesse sentido, as construções mais antigas podem expressar de forma física os valores de uma cultura, e ao passar do tempo podem começar a perder um pouco essas características.

Quanto ao conforto térmico, a ASHRAE Standard 55 (2017), descreve conforto térmico como sendo o estado de satisfação com relação ao ambiente térmico em que a pessoa se encontra. Quando relacionado à habitação, o conceito de conforto está associado ao bem-estar, o que pode ser variável em cada meio cultural e para cada indivíduo (SILVA; SANTOS, 2002). Segundo Soleymanpour, Parsaee e Banaei (2015), a resposta da edificação às necessidades físicas e psicológicas dos habitantes é essencial para dar-lhes uma sensação de auto estima, segurança e privacidade.

Quando correlacionamos o conforto do ambiente com os diferentes traços arquitetônicos vernaculares, em especial dos povos que emigraram para o Brasil, se observa a grande variabilidade de padrões construtivos, bem como as diferentes formas de emprego dos conceitos de conforto nas diferentes culturas.

Michael, Desmosthenous e Philokyprou (2017) destacam que o conforto térmico depende da forma como os ocupantes interagem com o envelope do edifício. No caso da integração de estratégias passivas de design estas, segundo Desogus, Cannas e Sanna (2016), resultam em um melhor conforto térmico interno para os ocupantes das habitações.

Estudos realizados por Bodac, Lang e Hamhaber (2014) têm mostrado que a função mais importante da edificação é proporcionar abrigo e conforto interno e térmico apropriado aos usuários, e que o nível de conforto é função da combinação de designs

na construção. Rakoto-Joseph et al. (2009) discutem que a arquitetura vernacular fornece uma boa solução para as restrições climáticas, sendo que há mais de uma abordagem para resolver as questões de conforto na edificação.

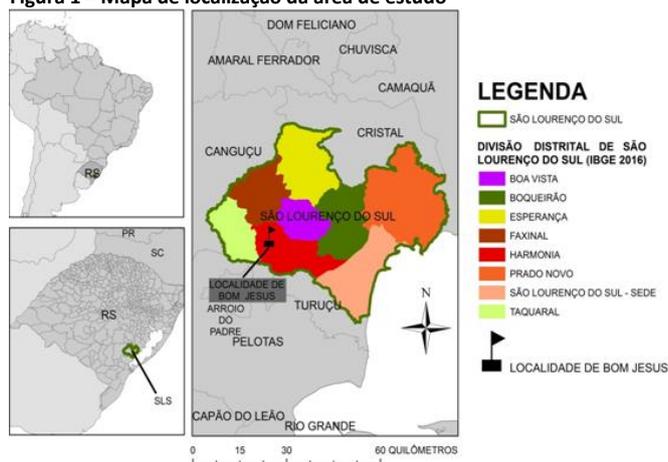
Dentre os movimentos migratórios que ocorreram no Brasil, está a imigração Pomerana. A antiga Pomerânia ficava localizada na costa sul do mar báltico, território que hoje corresponde parte à Alemanha e parte à Polônia. O processo de imigração ao território brasileiro é fundamentado em problemas socioeconômicos ocorridos na Europa, e na abundância de terras no Brasil. No período da imigração pomerana, a base produtiva do Brasil era predominantemente agrária, com uso de mão de obra escrava que, do ponto de vista das políticas internacionais da época, já estava sendo contestada (THUM, 2009). Em 1848 começaram os incentivos do governo brasileiro para formação de colônias agrícolas, de modo que os principais locais de imigração de pomeranos foram os estados do Espírito Santo (ES), Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC).

No caso do Rio Grande do Sul, foco deste estudo, a colonização ocorreu em 1858 na Serra dos Tapes, mais precisamente na região de São Lourenço do Sul. A localidade não apresentava lavouras organizadas, de modo que também não havia agricultores que plantassem de forma ordenada com a finalidade de comercializar sua produção (HAMMES, 2014). As primeiras construções são relacionadas a barracões e alojamentos provisórios, os quais serviam para abrigar os trabalhadores, as mulheres e as crianças (HAMMES, op. cit.). Essa estratégia foi adotada até que os imigrantes construíssem suas casas (GRANZOW, 2009).

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na zona rural do município de São Lourenço do Sul (RS), na localidade do 4º distrito (Harmonia), que está situada na região da Serra dos Tapes. A região se caracteriza pela relevância histórica no processo de imigração dos povos pomeranos no estado do Rio Grande do Sul, a qual foi iniciada em meados do século XIX, a partir de 1858.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



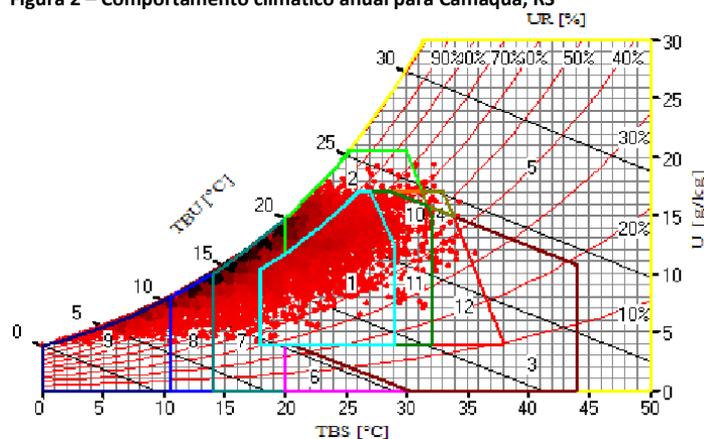
Fonte: Os autores.

O município de São Lourenço do Sul possui em média 4327 propriedades rurais, segundo o censo agropecuário de 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), as quais são na grande maioria pertencentes a imigrantes pomeranos. Em relação às características geológicas e geomorfológicas, a região estudada está inserida no Planalto Uruguaio Sul Riograndense, o qual apresenta uma altitude que

varia de 100 a 400 metros, com relevos heterogêneos marcados por afloramentos rochosos. Em relação ao clima, a região de São Lourenço do Sul é classificada como tendo um clima subtropical úmido em todas as estações, com verão quente (Cfa), segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014).

Realizou-se um estudo mais aprofundado do clima do local com o software *AnalysisBio*®, com o objetivo de apresentar suas características básicas. A Figura 2 mostra a caracterização do clima anual da cidade de Camaquã, RS, plotada sobre a carta bioclimática, onde foi possível se obter que 23,4% das horas do ano encontram-se na zona de conforto, 60% em desconforto por frio e 16,6% em desconforto por calor. Quanto às zonas correspondentes a cada estratégia bioclimática, o percentual de horas em cada uma delas se encontra na Tabela 1.

Figura 2 – Comportamento climático anual para Camaquã, RS



Fonte: Os autores.

Tabela 1 – Comportamento por zoneamento

Zonas	Percentual (%)
Ventilação	13,3
Ventilação/ alta inércia	0,1
Ventilação/ alta inércia/ resfriamento evaporativo	2,6
Alta inércia térmica para resfriamento	0,1
Alta inércia térmica / resfriamento evaporativo	0,3
Alta inércia térmica / aquecimento Solar	36,1
Conforto	23,4
Aquecimento artificial	9,4
Aquecimento solar passivo	14,6
Ar condicionado	0,1
Resfriamento evaporativo	0,0
Umidificação	0,0

Fonte: Os autores.

Materiais e métodos

Definição dos tipos de arquitetura vernacular Pomerana em São Lourenço do Sul

Para definição dos tipos de arquitetura vernacular na área estudada, foram utilizados parâmetros externos e internos das construções, além da relevância dos componentes utilizados em relação ao conforto térmico. Realizou-se, inicialmente, uma expedição de reconhecimento e registro da paisagem arquitetônica. Os registros foram feitos através de filmagens, com auxílio de uma câmera Go Pro® fixada sobre um veículo automotivo. Os trajetos percorridos na localidade foram selecionados com auxílio de habitantes da região de acordo com os principais e mais antigos caminhos.

Em laboratório, os vídeos foram analisados de modo que as casas que apareceram nas filmagens fossem separadas preliminarmente em grupos, com base nas características formais externas. Informações relacionadas à orientação solar, localização geográfica das casas, fotografias, classificação prévia e observações, foram implementadas no *software* Google Earth®, para fins de espacialização dessas propriedades.

Posteriormente foram selecionadas edificações dentro de cada grupo de modo a se obter por meio de levantamentos dimensionais, questionários e entrevistas informações referente às características construtivas, funcionais, padrão de uso e ocupação. As características inerentes aos tipos de materiais construtivos presentes, espessura dos componentes, tamanho físico da edificação e das esquadrias, presença ou não de varanda e distribuição dos ambientes foram utilizadas. Esses fatores, quando relacionados ao envelope da edificação, podem interferir no comportamento térmico da mesma.

Foram realizadas entrevistas com os moradores, elaboradas de forma semiestruturada, onde primeiramente foi montado um roteiro, com os itens discriminados a seguir: 1) período em que a casa foi construída; 2) materiais utilizados nas paredes internas e externas; 3) materiais utilizados no porão, forro, cobertura, portas e janelas; 4) tipo de piso; 5) características da fundação; e 6) estrutura do telhado.

Conforme apontado por Krone (2014), os pomeranos da região do 4º distrito do município de São Lourenço do Sul possuem dificuldade com a língua portuguesa, e se sentem mais à vontade com a língua materna, sendo assim, todas as entrevistas foram realizadas no idioma pomerano.

Após a etapa dos levantamentos em campo, foi realizado o desenho das casas. Os levantamentos técnicos das edificações estudadas serviram de base para o desenho das plantas baixas e das fachadas. Com esses desenhos, os projetos de cada grupo foram analisados, comparados e classificados com relação as suas características construtivas, de acordo com o quadro 1. Para então serem definidos os tipos arquitetônicos, através dos parâmetros que interferem no comportamento térmico.

Quadro 1 – Variáveis construtivas relacionadas ao comportamento térmico de uma edificação

Fonte de Calor	Variáveis Relacionadas
Paredes e cobertura	Dimensões; orientação solar; transmitância térmica; capacidade térmica; absorvância à radiação solar; emissividade.
Piso	Dimensões; contato externo (com o solo ou não); transmitância térmica; capacidade térmica; emissividade.
Janelas	Dimensões; orientação solar; transmitância térmica; absorvância; absorvância e reflectância à radiação solar; proteções solares externas e internas.

Fonte: Adaptado de Westphal (2007).

A partir disso obtêm-se projetos representativos para cada tipo arquitetônico, adotando-se as características e parâmetros que apareceram com maior frequência em cada tipo. Estes projetos representativos foram modelados tridimensionalmente e simulados quanto ao conforto térmico.

Simulações computacionais para avaliação do conforto térmico

A avaliação do conforto térmico foi feita a partir de simulações computacionais no *software* Energyplus®, utilizando o modelo adaptativo da ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 2017). Para a aplicação do modelo adaptativo foram obtidas as temperaturas médias mensais externas, calculando-se a temperatura operativa de conforto para todos os meses do ano, obtendo-se assim os limites máximos e mínimos de conforto, para cada mês do ano.

As zonas térmicas para a modelagem foram definidas de modo que cada ambiente fosse caracterizado como uma zona. Nesse estudo, o porão e o sótão não habitado são caracterizados como zonas térmicas. A escolha de um arquivo climático de uma região próxima à área estudada se deu em virtude da cidade de São Lourenço não possuir dados climáticos. Além de estar situada na mesma zona bioclimática (zona 2), a cidade de Camaquã apresenta altitude, temperatura média de verão e inverno, e umidade relativa média anual similares aos da área de estudo, estando situada a cerca de 110 km de distância.

Para o padrão de uso da iluminação, equipamentos e taxa metabólica foram adotados os padrões do regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais – RTQ-R (PROCEL, 2012). Não foi possível determinar a taxa de uso do fogão à lenha através do RTQ-R (PROCEL, 2012), sendo assim foi realizado um estudo de sua potência, através do método de convecção natural e radiação, ambos combinados, conforme determinado por Çengel e Ghajar (2012). A quantidade de horas que o fogão à lenha permanece ligado ao longo do dia foi obtida através de entrevistas. A ocupação foi definida com base na aplicação de questionários semiestruturados, em que os moradores responderam o ambiente da casa que ocupam ao longo do dia. Os questionários foram aplicados para os moradores das casas onde foi realizado o levantamento detalhado. Além dos questionários, nas entrevistas também foram abordados os hábitos de uso das casas, conciliando os dois métodos foi possível montar o padrão de uso e ocupação.

Para a definição da temperatura do solo foi utilizado o pré-processador SLAB[®] do software *Energyplus*[®]. As características dos materiais foram obtidas através dos levantamentos em campo, obtendo-se as propriedades térmicas com auxílio da NBR 15220 (ABNT, 2005). Para a identificação das propriedades térmicas dos tijolos foi necessário a realização de um estudo de densidade, já que estes foram confeccionados de modo caseiro e se desconhece as propriedades térmicas dos mesmos. Para possibilitar a simulação computacional, foi realizado o cálculo das espessuras equivalentes, uma vez que o software não calcula componentes heterogêneos ao fluxo de calor, sendo necessário transformar estes em camadas transversais ao fluxo.

Quanto à ventilação natural, esta foi calculada pela ação do vento (*Airflow network*). Foi permitida a ventilação natural nos ambientes (exceto cozinha) quando a temperatura interna estivesse acima de 25°C e se a diferença entre temperatura interna e externa estivesse inferior a 5°C. Para a cozinha, foi permitida a ventilação no verão se a temperatura interna estivesse acima de 25°C e a diferença entre temperatura interna e externa estivesse inferior a 5°C; para o inverno foi permitida a ventilação se a temperatura interna estivesse acima de 29°C e a diferença entre temperatura interna e externa estivesse inferior a 5°C. O *setpoint* de temperatura de 25°C é recomendado por Martins et al. (2009).

Para a infiltração foi adotada a recomendação do guia CIBSE (2006), adotando 1,15 trocas de ar de ar por hora durante o período anual. Os postigos, por interferirem na ventilação, foram configurados para acompanharem as janelas (ventilação) no verão. No inverno, foram configurados para ficarem fechados no período da noite e abertos no período do dia.

Resultados e discussão

Caracterização preliminar das casas pomeranas

A partir da análise dos vídeos da Go Pro®, analisaram-se 126 casas, que foram separadas em quatro grupos, classificados de acordo com características externas das construções (Quadro 2). Esta divisão consistiu em uma caracterização preliminar qualitativa, sendo assim um total de 23 casas foram classificadas no Grupo I, 06 casas no Grupo II, 41casas no grupo III e 22 casas no grupo IV. Uma quantidade de 34 casas não foi enquadrada em nenhum grupo, por não terem uma caracterização semelhante às demais casas. Acredita-se que essas 34 casas estão fora do período construtivo das demais, sendo estas construídas mais recentemente e, portanto, se apresentam diferenciadas.

Quadro 2 – Características dos grupos arquitetônicos presentes na região de São Lourenço do Sul

Tipos Arquitetônicos	Características
Grupo I	Telhado de duas águas, geralmente com telhas de zinco e sem a presença de varanda.
Grupo II	Telhado de duas águas, com telhas de zinco e com presença de varanda.
Grupo III	Telhado de quatro águas, geralmente com telhas cerâmicas e sem presença da varanda.
Grupo IV	Telhado de quatro águas, presença de telhas cerâmicas e de varanda.

Fonte: Os autores.

Em todos os grupos arquitetônicos descritos neste estudo (Figura 3) foram observados alguns aspectos em comum. Contudo, a grande maioria das casas apresentou uma simetria na localização das esquadrias da fachada principal, e uma cumeeira geralmente paralela à estrada. Observou-se que os pomeranos implantam suas casas, na maioria das vezes, de acordo com a estrada e não pela orientação solar.

Figura 3 – a) construção classificada no grupo I; b) construção classificada no grupo II; c) construção classificada no grupo III; e d) construção classificada no grupo IV



Fonte: Os autores.

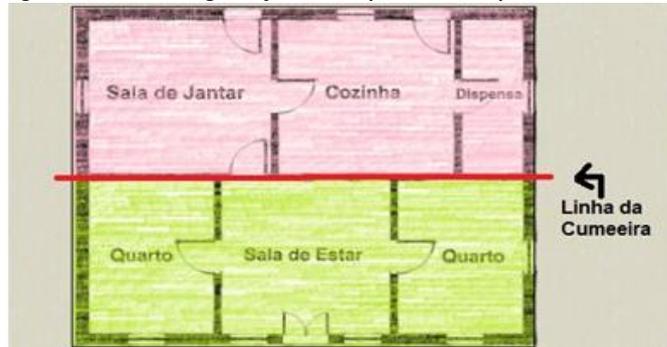
Organização funcional e padrão de ocupação dos grupos arquitetônicos

Em relação às características observadas nas plantas baixas dos grupos arquitetônicos identificados, observou-se que a cozinha pode ou não estar inserida na casa. Quando a cozinha está inserida na residência, a sala e os quartos ficam dispostos, geralmente, da cumeeira para o lado frontal da casa; e a cozinha, despensa e sala de jantar da cumeeira para os fundos da casa (Figura 4). Esta disposição está ligada ao modo de vida pomerano, pois no “pátio dos fundos” geralmente também são exercidas

algumas atividades muito ligadas ao preparo de “shimiers”, carnear animais, dentre outras práticas consideradas “sujas”, e que estão geralmente ligadas à cozinha.

Nas casas analisadas, a sala de estar é, em grande parte das vezes, o maior ambiente. Porém, de acordo com os questionários e entrevistas ela não é muito utilizada e, por isso, muitas vezes, após as reformas, é dividida em um ou mais cômodos.

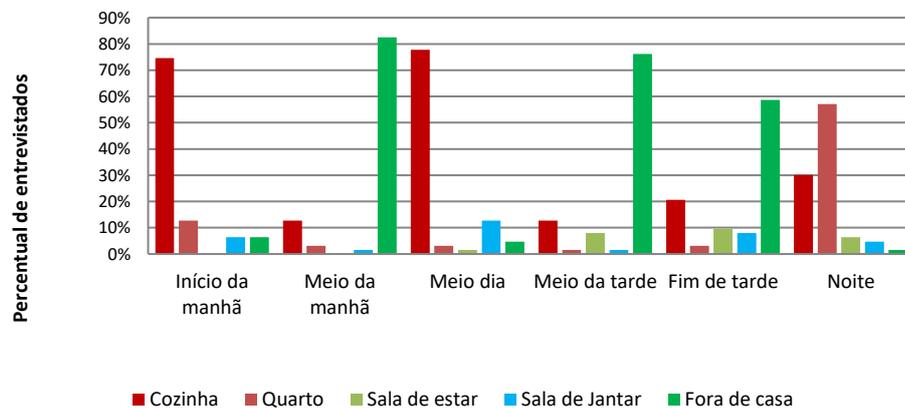
Figura 4 – Forma de organização da casa pomerana em planta baixa



Fonte: Os autores.

Em relação ao padrão de uso e ocupação, a partir dos questionários aplicados foram elaborados três padrões de ocupação, sendo um para a cozinha, um para os quartos e um para a sala de estar. Geralmente, a cozinha não é considerada um ambiente de permanência prolongada, como sugere o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ - R (PROCEL, 2012), e, portanto, não necessitaria de um padrão de ocupação. Contudo, os questionários apresentaram que a maioria dos entrevistados ficam um longo período nesse ambiente, como pode ser observado na Figura 5, sendo assim, nesse estudo ela foi considerada como um ambiente de permanência prolongada.

Figura 5 – Padrão de ocupação das casas pomeranas estudadas



Fonte: Os autores.

O padrão de ocupação das casas pomeranas estudadas está apresentado na Figura 5, onde se verifica que pela manhã e meio dia a maioria dos ocupantes da edificação fica na cozinha. A baixa ou nenhuma ocupação no meio da manhã, meio da tarde e fim de tarde pode estar associada ao fato de que nesses períodos os ocupantes da edificação estejam trabalhando nas lavouras, ou fazendo algum outro tipo de atividade fora da casa. No período da noite, a maioria se encontra nos seus quartos.

Como a cozinha foi considerada um ambiente de permanência prolongada, foi configurada com os mesmos parâmetros de iluminação, equipamentos e taxa

metabólica recomendados pelo RTQ-R (PROCEL, 2012) para a sala de estar. Em todas as casas pomeranas foi encontrado um fogão à lenha. Este está em operação, com base nas entrevistas, das 8h até às 12h e das 19h até às 21h. Em relação à potência do fogão, calculada conforme apresentado na metodologia, a radiação emitida é de 4004,29 W, tendo uma parcela de convecção de 1887,70 W.

Caracterização dos tipos arquitetônicos

Quando observadas as características construtivas das 16 casas estudadas com um maior grau de detalhamento (Quadro 3), observa-se que, dos quatro grupos existentes, os grupos I e II apresentaram os mesmos materiais construtivos. No grupo III alguns aspectos apresentam modificações (i.e. paredes um pouco menos espessas, o porão e o pé direito um pouco mais baixo), assim como o grupo IV.

Quadro 3 – Características construtivas dos grupos arquitetônicos

Grupo	Paredes externas	Paredes internas	Cobertura	Piso	Porão
I - II (1870 – 1930)	Tijolo maciço (32 a 45 cm) acabamento reboco	Tijolo maciço (32 cm) acabamento reboco	Forro de madeira (1 a 2 cm) Telha zinco ou cerâmica	Assoalho de madeira (3,5 cm).	Altura (0,8 m a 1,2 m).
III (1920 – 1950)	Tijolo maciço (32 cm) acabamento reboco	Tijolo maciço (32 cm) acabamento reboco	Forro de madeira (1 a 2 cm) Telha zinco ou cerâmica	Assoalho de madeira (3,5 cm).	Altura (0,6 m a 0,9 m).
IV (1940 – 1970)	Tijolo maciço (25 cm) acabamento reboco	Tijolo maciço (15 a 25 cm) acabamento reboco	Forro de madeira (0,5 a 1,5 cm) Telha cerâmica	Assoalho de madeira (2,5 cm) /Ladrilho hidráulico	Altura (0,4 m a 0,6 m).

Fonte: Os autores.

Com as análises dos materiais construtivos (Quadro 3) e análise funcional, foi elaborada a classificação dos tipos arquitetônicos (Quadro 4), onde as informações contidas na caracterização preliminar foram reagrupadas. Levando em consideração os mesmos materiais construtivos utilizados, os grupos I e II passaram a assumir a presença ou não da cozinha na casa ou ainda a presença ou não da varanda. Em relação à configuração do telhado, este poderia ser de duas ou quatro águas (com modificações ao longo do tempo). Foi ainda observado o percentual de abertura na fachada de cada tipo arquitetônico (PAF).

Quadro 4 – Classificação final dos tipos arquitetônicos.

Tipos	Características	PAF
Tipo I	Apresenta cozinha externa à casa de dormir, podendo ter como variação a varanda ou o telhado de quatro águas.	10%
Tipo II	Apresenta cozinha inserida no restante da casa. Pode ter como variação a varanda e o telhado de quatro águas.	12%
Tipo III	Apresenta cozinha inserida na casa, porém com paredes menos espessas. Pode ter como variação a varanda ou o telhado de quatro águas.	13%
Tipo IV	Apresenta telhado de quatro águas e a varanda. Na maioria dos casos, as casas foram construídas com materiais disponíveis no mercado.	29%

Fonte: Os autores.

Na classificação, o tipo III também passou a apresentar telhado de duas águas e o acréscimo da varanda. A caracterização dos tipos arquitetônicos está relacionada ao tipo de construção, layout e planejamento. Uma análise das combinações dessas características, no sentido de uma melhor readequação das características com o tempo construtivo, possibilita, segundo Helena (1998), uma reflexão sobre o contexto ambiental, cultural e histórico dessas edificações.

Quanto às propriedades térmicas dos componentes construtivos (paredes externas e coberturas) de cada tipo arquitetônico, foram calculados resistência térmica, transmitância térmica, capacidade térmica e, para as paredes, também atraso térmico.

(Tabelas 2 e 3) Observou-se capacidades térmicas e atrasos térmicos elevados para as paredes (Tabela 2).

Tabela 2 – Propriedades térmicas das paredes externas

Tipo de parede externa	Resistência térmica ((m ² .K) / W)	Transmitância térmica (W / (m ² .K))	Capacidade térmica (KJ / (m ² .K))	Atraso Térmico (Horas)
45 cm	0,548	1,82	860,16	12,1
32 cm	0,467	2,14	616,36	7,6
25 cm	0,365	2,74	499,33	6,7

Fonte: Os autores.

Tabela 3 – Propriedades térmicas das coberturas

Tipo de Cobertura	Verão	Inverno	Capacidade térmica (KJ / (m ² .K))
	Transmitância térmica (W / (m ² .K))	Transmitância térmica (W / (m ² .K))	
Tipo I, II e III (telha cerâmica)	1,92	3,48	36,8
Tipo I, II e III (telha de zinco)	1,97	3,48	4,1
Tipo II e III (telha de zinco/Fundos da casa)	2,12	3,48	36,8
Tipo IV (Telha cerâmica)	2,09	4,11	18,4

Fonte: Os autores.

Apresentam-se, a seguir, as plantas baixas e fachadas de cada tipo arquitetônico, utilizadas na elaboração das simulações computacionais. O projeto padrão das casas do tipo I apresenta o *hall* como ambiente para o acesso principal, à direita está uma sala de estar e à esquerda do *hall* estão dois quartos. A cozinha e a despensa estão como uma construção separada, não fazendo parte da “casa de dormir” (Figura 6).

As casas de tipo II apresentam um *hall* de entrada, ao lado direito a sala de estar e ao lado esquerdo um quarto. Atravessando o *hall* se tem acesso à sala de jantar, a qual possui um desnível. A sala de jantar dá acesso à cozinha e ao outro quarto (Figura 7).

O projeto padrão para as casas do tipo III é semelhante ao projeto padrão das casas de tipo II, porém sem o *hall* de entrada (Figura 8).

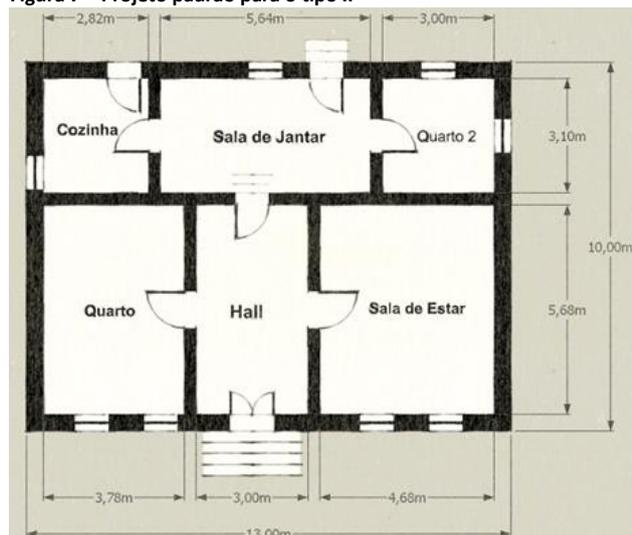
As casas do tipo IV apresentam a sala como ambiente de acesso principal. A partir dela se tem acesso aos quartos (um em cada lado) e à sala de jantar. O acesso da sala de jantar para a cozinha e da cozinha para a despensa é um elemento que só se fez presente nas casas de Tipo I e casas de Tipo IV. A cozinha e a sala de jantar também possuem acessos externos (Figura 9).

Figura 6 – Projeto padrão para o tipo I



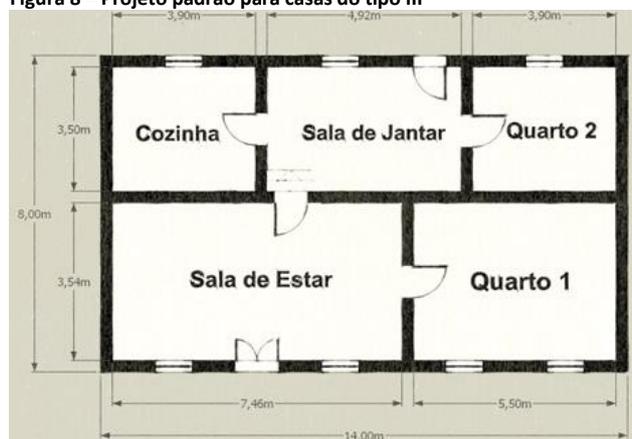
Fonte: Os autores.

Figura 7 – Projeto padrão para o tipo II



Fonte: Os autores.

Figura 8 – Projeto padrão para casas do tipo III



Fonte: Os autores.

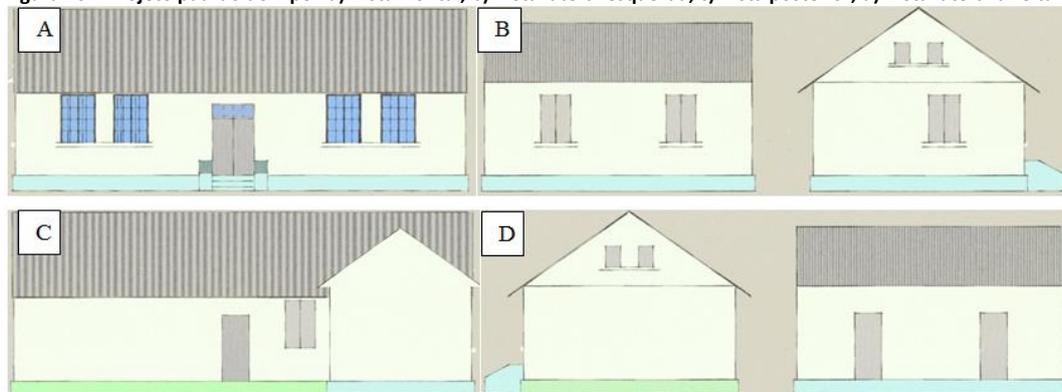
Figura 9 – Projeto padrão para as casas do tipo IV



Fonte: Os autores.

Quanto às fachadas dos projetos padrão, estas podem ser observadas nas Figuras 10 a 13, para os tipos I, II, III e IV, respectivamente. Representa-se a forma original, lembrando que cada um dos tipos pode ter como variação o acréscimo da varanda ou a substituição do telhado. Apenas o tipo IV não sofre alterações.

Figura 10 – Projeto padrão do Tipo I a) Vista frontal; b) Vista lateral esquerda; c) Vista posterior; d) Vista lateral direita



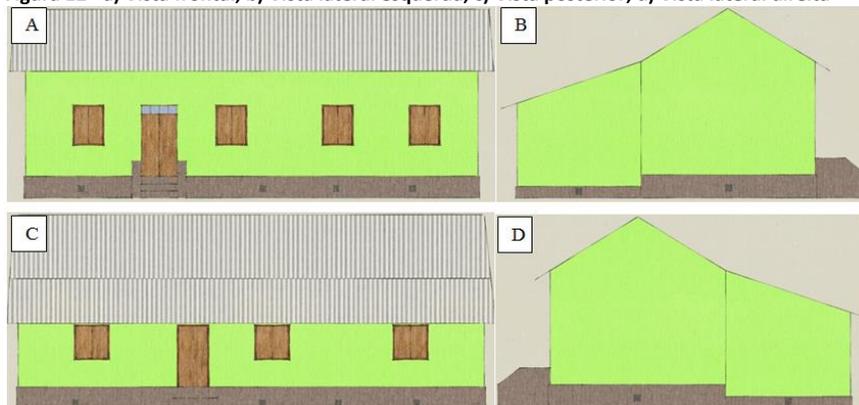
Fonte: Os autores.

Figura 11 - a) Vista frontal; b) Vista lateral esquerda; c) Vista posterior; d) Vista lateral direita

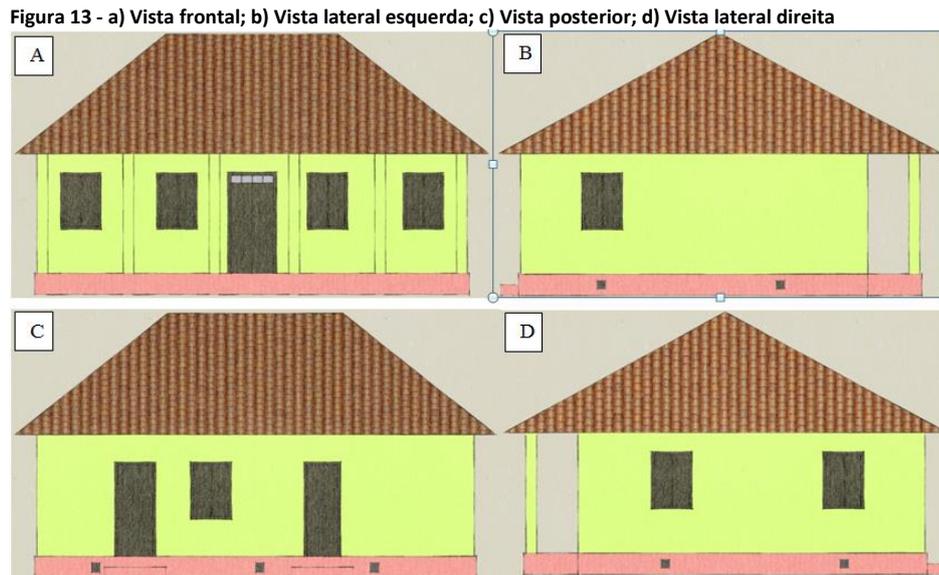


Fonte: Os autores.

Figura 12 - a) Vista frontal; b) Vista lateral esquerda; c) Vista posterior; d) Vista lateral direita



Fonte: Os autores.

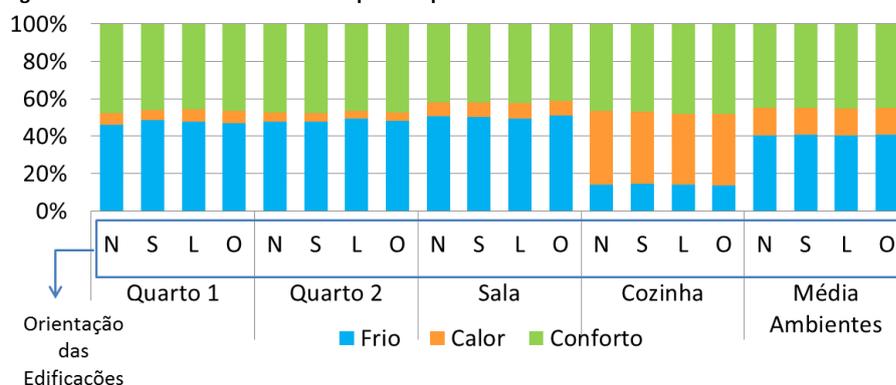


Fonte: Os autores.

Caracterização do conforto térmico para o projeto padrão de cada tipo arquitetônico

Foram realizadas simulações para os quatro tipos arquitetônicos e suas variações (acréscimo da varanda e troca do telhado de zinco para cerâmico), assim os tipos I, II e III possuem três modelos (o modelo original, o modelo com o acréscimo da varanda e o modelo com a substituição do telhado de zinco para cerâmico) e o tipo IV apenas o modelo original, pois este tipo não possui variações. Como todos os modelos se comportaram de maneira muito semelhante, será apresentada apenas a média de cada tipo através de gráficos, mas os resultados dos demais modelos também serão discutidos. O conforto térmico foi caracterizado para desconforto por frio, por calor ou situação de conforto. Nas simulações para o tipo I (Figura 14) foi observado que não existe variação de comportamento térmico, mesmo quando realizada uma mudança nas orientações solares. Para a cozinha, foi observado um desconforto por calor mais elevado (39%), o qual pode ser atribuído ao fogão à lenha permanecer boa parte do dia em funcionamento.

Figura 14 – Índices de conforto térmico para o tipo I



Fonte: Os autores.

As simulações mostraram que a sala de estar apresentou um maior desconforto por frio (50%). Esse padrão é explicado no fato deste ambiente ser o mais amplo das casas do tipo I, não possuir fontes de calor ao longo do dia e ser menos utilizado pelos moradores. Apesar de terem usos mais frequentes, os quartos também apresentaram

um elevado índice de desconforto por frio. Em média, os ambientes das casas do tipo I apresentam 45% das horas do ano em conforto, 41% das horas em desconforto por frio e 14% em desconforto por calor (Figura 14).

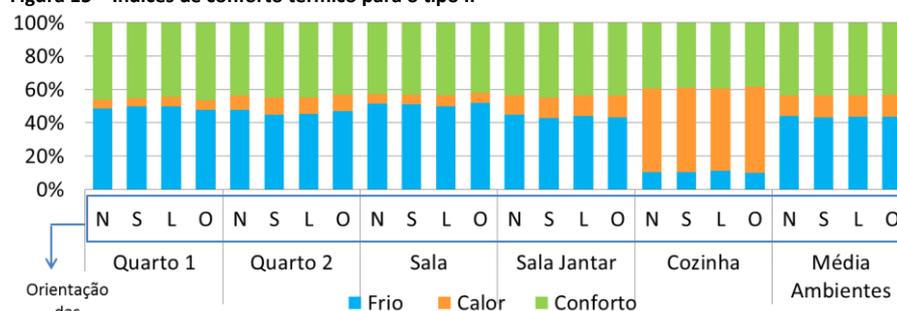
Analisando os elementos de variação, a presença da varanda na parte frontal das casas do tipo I diminuiu um pouco o desconforto por calor na sala de estar, *hall* e quarto 1 (diminuição em média de 2%). A modificação do telhado de duas águas com telhas de zinco para quatro águas com telhas cerâmicas pouco influenciou nas questões de conforto.

Para as casas do tipo I é possível que o desconforto por frio esteja relacionado principalmente com os materiais construtivos utilizados, as paredes espessas (45 cm externas e 32 cm internas), o pé direito elevado e o porão ventilado. Esses aspectos são somados às temperaturas de inverno, que estão distantes do limite de aceitabilidade para o conforto, quando comparadas às temperaturas de verão para a região.

As simulações para o tipo arquitetônico II (Figura 15), que se caracteriza pela cozinha posicionada junto à casa de dormir e pela presença dos mesmos materiais construtivos do tipo I, mostraram que as altas temperaturas da cozinha interferem no comportamento térmico dos ambientes adjacentes. O quarto 2 e a sala de jantar apresentam índices de desconforto por calor mais elevados, quando comparados à sala de estar e ao quarto 1. A Figura 15 mostra a média de conforto dos três modelos do tipo arquitetônico II.

No caso da cozinha, sua inserção junto à edificação (Figura 7) apresentou índices ainda maiores de desconforto por calor quando comparada à modelagem realizada para o tipo I, tendo como consequência o fato dos três ambientes, na parte posterior da casa, se apresentarem mais quentes, reduzindo o desconforto por frio. Esse fato é atribuído à carga térmica do fogão a lenha, à transmissão dessa carga térmica para os ambientes ao lado e à existência de uma passagem de ar muito pequena (10cm) entre o forro e as telhas. Na parte posterior da casa, o forro é colocado imediatamente abaixo das telhas, diferentemente do que acontece na parte frontal da casa (quarto, *hall* e sala de estar), onde se tem um sótão, portanto uma camada de ar muito maior. Logo, a resistência térmica da cobertura da parte frontal é mais elevada, melhorando o isolamento térmico.

Figura 15 – Índices de conforto térmico para o tipo II



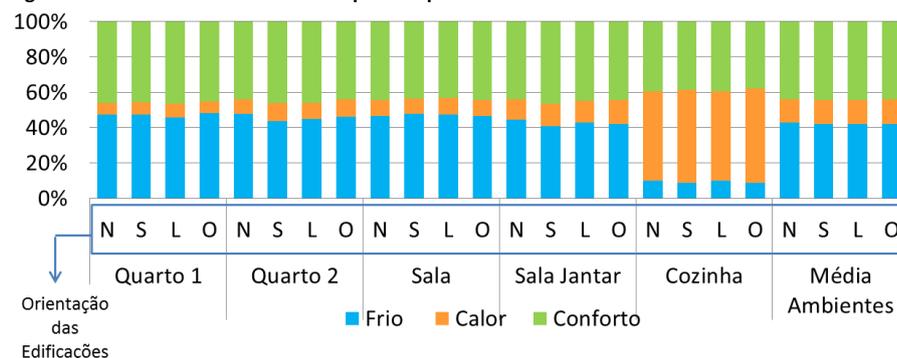
Fonte: Os autores.

Em relação aos elementos de variação, a presença da varanda, assim como nas casas de tipo I, diminuiu um pouco o desconforto por calor na sala de estar, *hall* e quarto 1 (diminuindo em média 2%). Já a variação do telhado de zinco e duas águas para telhado de quatro águas com telha cerâmica apresentaram diferenças mais significativas, diminuindo um pouco o nível de desconforto por calor (de 14% para 11%)

e aumentando o nível de conforto (de 43% para 46%). Na média o tipo II apresentou 44% em desconforto por frio, 13% de desconforto por calor e 43% em conforto.

Os resultados para o conforto térmico no tipo III (Figura 16 mostra os resultados médios para os três modelos do tipo III) mostraram que as casas que apresentam um telhado de cerâmica obtiveram um menor índice de desconforto por calor (12%), quando comparado com as casas que apresentam telhas de zinco e varanda (14,5%). Assim como nas casas do tipo II, as casas de tipo III também obtiveram um maior índice de desconforto por calor na cozinha, sala de jantar e quarto 2. Embora o desconforto por calor na cozinha esteja mais evidente (52%), nota-se que na sala de jantar e no quarto 2 o desconforto por calor é maior (11% na média) do que na sala de estar e no quarto 1(7% na média).

Figura 16 – índice de conforto térmico para o tipo III

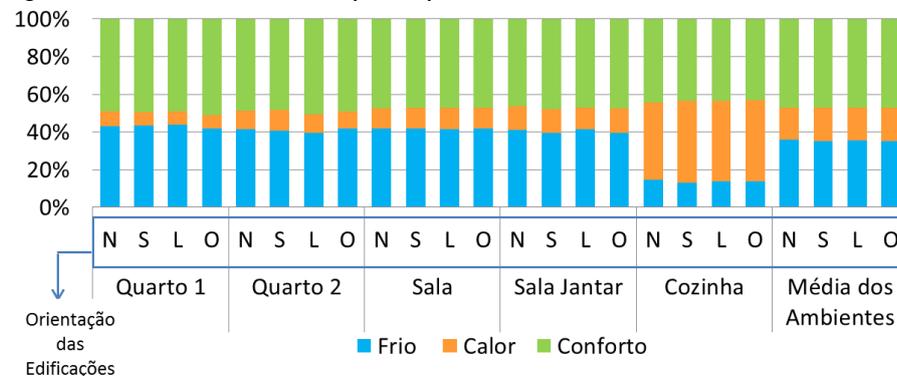


Fonte: Os autores.

Esse fato pode estar associado à inserção da cozinha na casa, e também pelas casas do tipo III apresentarem um sistema de cobertura diferenciado, com a presença de uma passagem de ar muito pequena entre o forro e a telha. Na média, o tipo III apresentou 42% em desconforto por frio, 14% em desconforto por calor e 44% em conforto.

Dentre todos os ensaios, o modelo tipo IV foi o que apresentou o maior índice de conforto (48%) e o menor índice de desconforto por frio (35%) (Figura 17). O comportamento térmico para o quarto 1, sala, quarto 2 e sala de jantar se apresentou muito semelhante. Apenas a cozinha apresentou um comportamento distinto, muito em virtude da elevada carga térmica do fogão à lenha, obtendo um índice de 42% de desconforto por calor.

Figura 17 – índice de conforto térmico para o tipo IV



Fonte: Os autores.

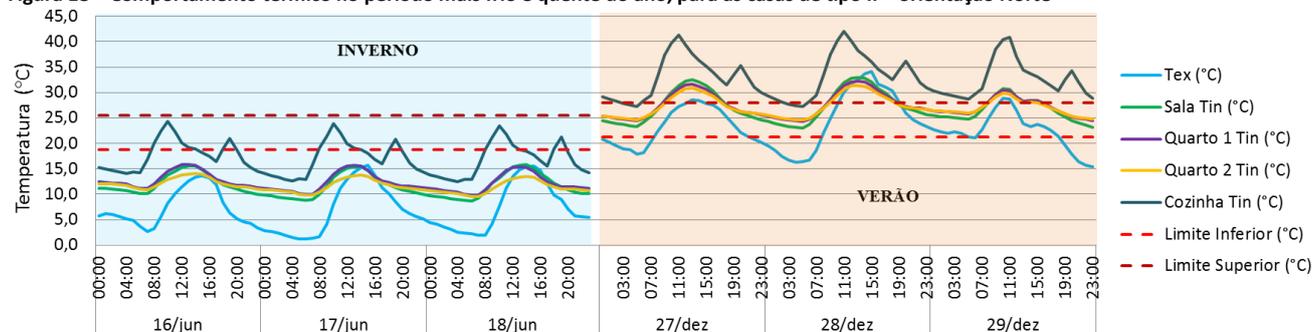
As construções enquadradas no tipo IV apresentaram paredes menos espessas (25 cm externas e 15 cm interna), pé direito mais baixo e altura do porão menor. Em relação às

horas de conforto, os índices médios foram de 48% para horas do ano em conforto, 35% das horas em desconforto por frio e 17% das horas em desconforto por calor.

Previtali e Zhai (2016) destacam que existe um valor na identificação, documentação e categorização das técnicas vernaculares, com intuito de se aplicar essas técnicas nas construções atuais. No caso da evolução dos padrões construtivos das casas de descendentes de imigrantes pomeranos no sul do Brasil, as transformações ocorridas nas edificações refletem o contexto ambiental, cultural e histórico da população residente na área estudada.

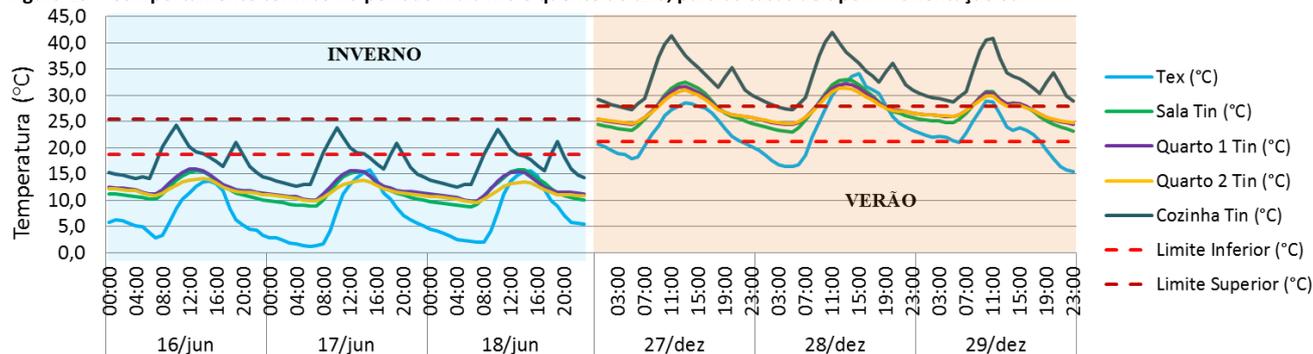
No período mais frio do ano a maioria dos ambientes permanece com temperaturas abaixo do limite inferior de conforto, com exceção da cozinha. Já no período mais quente a temperatura na cozinha excede o limite superior, durante praticamente todo o período analisado, enquanto a temperatura dos demais ambientes excede apenas em curtos períodos. Esse comportamento se repete para diferentes orientações e tipos. De modo a explicar essa situação, fez-se uma análise de fluxo térmico, apresentada nas Figuras 18 e 19, os para as orientações Norte e Sul do tipo II. Observou-se que o comportamento é homogêneo em relação à orientação solar

Figura 18 – Comportamento térmico no período mais frio e quente do ano, para as casas de tipo II – orientação Norte



Fonte: Os autores.

Figura 19 – Comportamento térmico no período mais frio e quente do ano, para as casas de tipo II – orientação Sul



Fonte: Os autores.

Analisando os gráficos das Figuras 18 e 19, observa-se que o fogão à lenha interfere no comportamento térmico dos demais ambientes, pois é possível observar que, no inverno, a temperatura máxima interna dos ambientes ocorre antes da máxima externa, justamente devido ao uso do fogão à lenha, que começa de manhã cedo. Pela tarde, quando a temperatura externa cai, a temperatura interna dos ambientes se mantém, não diminuindo tanto quanto a externa. Assim, o uso do fogão à lenha tem pontos positivos no inverno.

Fluxos térmicos e capacidade térmica

Em relação aos fluxos e capacidade térmica dos ambientes, observou-se que as paredes possuem uma contribuição (fluxo) muito maior do que as esquadrias. Isso ocorre em virtude da relação existente entre a pequena área das esquadrias em relação às paredes externas.

A capacidade térmica das paredes externas apresentou valores muito elevados, o que denota o fato da parede ter uma capacidade muito grande de armazenar calor, fazendo com que em dias de verão sejam armazenados altos índices, e que estes sejam liberados à medida que a noite se aproxima. Essa elevada inércia térmica faz com que a temperatura interna dos ambientes se mantenha mais ou menos constante, independente da orientação solar da edificação. Mesmo que as paredes externas do tipo IV (25 cm), por exemplo, sejam menos espessas, devido à densidade do material, a capacidade térmica se mantém bem elevada (499,33 KJ/m².K).

Ao longo da evolução e modificação das construções vernaculares das casas pomeranas, foi evidenciada a prevalência dos conceitos construtivos inerentes à cultura pomerana, à organização espacial dos ambientes internos e ao uso de materiais locais.

Conclusões

Observou-se, com este estudo, a existência de diferentes tipologias arquitetônicas na região rural de São Lourenço do Sul, sul do Brasil, região predominantemente colonizada por imigrantes pomeranos. Foi possível observar também a variação tipológica ao longo de uma linha temporal.

Em relação ao conforto térmico, as simulações mostraram que a orientação solar não interferiu significativamente nos índices de conforto. Em todas as edificações estudadas, o índice de desconforto por frio é mais elevado do que o desconforto por calor. Mesmo observando um comportamento semelhante entre os tipos arquitetônicos, é possível observar uma pequena e sutil melhora no desempenho térmico nas casas enquadradas no tipo IV.

No que diz respeito aos diferentes períodos do ano, foi possível observar um comportamento térmico semelhante entre os quatro tipos arquitetônicos, tanto no período de verão quanto no período de inverno. Para os dois intervalos, a cozinha foi o único ambiente que apresentou uma temperatura próxima ao limite inferior de conforto no inverno. No verão, a temperatura da cozinha de todos os tipos estudados fica muito acima do limite aceitável para conforto, porém nas casas do tipo II e III as temperaturas se apresentaram ainda mais elevadas, chegando a 50° C.

Por fim, estudos relacionados à arquitetura vernacular e suas modificações ao longo do tempo são importantes na compreensão das condições de conforto interno existentes nas edificações. Foi possível observar, entretanto, que, na maior parte do tempo, não foram encontradas boas condições de conforto nas casas pomeranas.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen Climate Classification Map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p. 711-728, 2014. DOI:<http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ASHRAE – AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE/ AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Standard – 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2017.

BODAC, S.; LANG, W.; HAMHABER, J. Climate Responsive Building Design Strategies of Vernacular Architecture in Nepal. **Energy and Buildings**, v.81, p. 227-242, 2014. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.06.022>

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 4. edição. São Paulo: McGraw-Hill, Bookman, 2012. 902 p.

CIBSE - CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS. **Guide A: Environmental Design**. 7. ed. London: CIBSE, 2006.

CHANDEL, S. S.; SHARMA, V.; MARWAH, B. M. Review of energy Efficient Features in Vernacular Architecture for Improving Indoor Thermal Comfort Conditions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.65, p. 459-477, 2016. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.038>

DESOGUS, G.; CANNAS, L. G. F.; SANNA, A. Bioclimatic Lessons from Mediterranean Vernacular Architecture: The Sardinian Case Study. **Energy and Buildings**, v.129, p. 574-588, 2016. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.051>

GRANZOW, K. **Pomeranos sob o Cruzeiro do Sul: colonos alemães no Brasil**. Arquivo público do estado do Espírito Santo. Vitória, 2009. 146 p.

HAMMES, E. L. **A imigração alemã para São Lourenço do Sul – Da formação de sua colônia aos primeiros anos após seu sesquicentário**. 1. ed. São Leopoldo: Studio Zeus, 2014. 734 p.

HELENA, C. Bioclimatism in vernacular architecture. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.2, n.1, p. 67-87, 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: www.ibge.org.br. Acessado em: 05/04/2017.

KALOGIROU, S. A.; FLORIDES, G.; TASSOU, S. Energy Analysis of Buildings Employing Thermal Mass in Cyprus. **Renewable Energy**, v.27, n.3, p. 353-368, 2002. DOI:[http://doi.org/10.1016/S0960-1481\(02\)00007-1](http://doi.org/10.1016/S0960-1481(02)00007-1)

KRONE, E. E. Comida, Memória e Patrimônio Cultural: A Construção da Pomeranidade no Extremo Sul do Brasil. 2014. 175 p. Dissertação (Mestrado em Antropologia) – Programa de Pós Graduação em Antropologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

LEO SAMUEL, D. G.; DHARMASASTHA, K.; SHIVA NAGENDRA, S. M.; PRAKASH MAIYA, M. Thermal Comfort in Traditional Buildings Composed of Local and Modern Construction Materials. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v.6, n.2, p. 463-475, 2017. DOI:<http://doi.org/10.1016/j.ijjsbe.2017.08.001>

MARTINS, D. J.; RAU, S. L.; RECKZIEGEL, S.; FERRUGEM, A. P.; SILVA, A. C. S. B. Ensaio Sobre a Utilização de Aberturas na Simulação do Desempenho Térmico de Edificações. In: ENCONTRO NACIONAL. & ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., Natal, 2009. **Anais [...]**. Natal: ENTAC, 2009. p. 865-874.

MICHAEL, A.; DESMOSTHENOUS, D.; PHILOKYPROU, M. Natural Ventilation for Cooling in Mediterranean Climate: A Case Study in Vernacular Architecture of Cyprus. **Energy and Buildings**, v.144, p. 333-345, 2017. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.040>

PREVITALI, J. M.; ZHAI, Z. A Taxonomy of Vernacular Architecture an Addendum to “Ancient Vernacular Architecture: Characteristics Categorization and Energy Performance Evaluation”. **Energy and Buildings**, v.110, p. 71-78, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.10.015>

PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética nas Edificações Residenciais, RTQ-R**. 2012. Disponível em: www.procelinfo.com.br. Acesso em: 05/04/2017.

RAKOTO-JOSEPH, O.; GARDE, F.; DAVID, M.; ADELARD, L.; RANDRIAMANANTANY, Z. A. Development of Climate Zones and Passive Solar Design in Madagascar. **Energy Conversion and Management**, v.50, n.4, p. 1004-1010, 2009. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2008.12.011>

SILVA, H. S.; SANTOS, M. C. O. O Significado do Conforto no Ambiente Residencial. **Cadernos do PROARQ**, v.18, p. 136-151, 2012.

SOLEYMANPOUR, R.; PARSAEE, N.; BANAEI, M. Climate Comfort Comparison of Vernacular and Contemporary Houses of Iran. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v.201, p. 49-61, 2015. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.118>

SUPIC, P. Vernacular Architecture: A Lesson of the Past for the Future. **Energy and Buildings**, v.5, p. 43-54, 1982.

THUM, C. **Educação, História e Memória: silêncios e Reinvenções Pomeranas na Serra dos Tapes**. 2009. 384 p. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós Graduação em Educação, universidade Vale dos Sinos, São Leopoldo, 2009.

WESTPHAL, F. S. **Análise de Incertezas e de Sensibilidade Aplicadas à Simulação de Desempenho Energético de Edificações Comerciais**. 2007. 147 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

¹ **Suzana Zehetmeyer Treichel**

Tecnóloga em Construção. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pelotas. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. Endereço postal: Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Rua Benjamin Constant, 1359, Pelotas, RS, Brasil, CEP 96.010-020.

² **Antonio Cesar Silveira Baptista da Silva**

Arquiteto e Urbanista. Doutorado em Engenharia Civil. Professor Associado da Universidade Federal de Pelotas, Coordenador do Laboratório de Conforto e Eficiência Energética (LABCEE) e Coordenador do Laboratório de Inspeção de Eficiência Energética em Edificações (LINSE). Endereço postal: Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Tecnologia da Construção, Rua Benjamin Constant, 1359, Pelotas, RS, Brasil, CEP 96.010-020.

³ **Ana Lúcia Costa de Oliveira**

Arquiteta e Urbanista. Doutorado em Planejamento Urbano e Regional. Professora Associada da Universidade Federal de Pelotas. Endereço postal: Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Arquitetura, Rua Benjamin Constant, 1359, Pelotas, RS, Brasil, CEP 96.010-020.