

**Conforto térmico em habitações sociais na zona Mesoandina do Peru -
soluções para melhoria do aquecimento passivo usando materiais
autóctonos**

Diana Karen Pari Quispe

Mestra FAU, UNB, Brasil
dia.parq@gmail.com

Joára Cronemberger Ribeiro Silva

Professora Doutora FAU, UNB, Brasil
joaracronemberger@unb.br

Caio Frederico e Silva

Professor Doutor FAU, UNB, Brasil
caiofreds@gmail.com

RESUMO

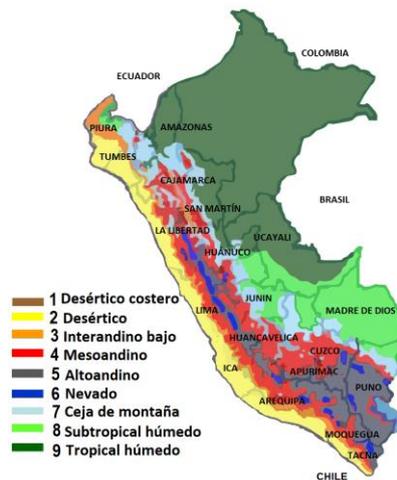
A zona Mesoandina peruana varia de 3.500 a 4.000 metros acima do nível do mar, é caracterizada por possuir casas sem sistema de aquecimento e o uso de materiais de construção convencionais sem proteção térmica. A Totora, uma planta aquática que cresce no Lago Titicaca a 12.500 pés (3.810 metros acima do nível do mar), é um material barato e disponível. Este artigo propõe soluções de condicionamento térmico com materiais autóctonos como a Totora para aumentar o conforto em habitações de interesse social existentes, tomando como estudo de caso a cidade de Puno às margens do lago Titicaca, através de estratégias de aquecimento passivo e utilizando simulações termoenergéticas com a ferramenta Design Builder versão 6.1.0. Os resultados obtidos indicam que com as soluções de condicionamento passivo, é alcançado um percentual de 50,0% a 58,3% de horas ocupadas em conforto (POC) para o dia típico de inverno. A combinação EnT_3 atingiu um aumento médio para os ambientes estudados da temperatura operativa em 7,6 °C em relação ao seu estado atual. Isso destaca a importância da utilização do aquecimento solar em relação direta ao desempenho térmico das habitações de interesse social, estudadas.

PALAVRAS CHAVE: Conforto térmico. Habitações sociais. Aquecimento solar passivo. Material de Totora.

1. INTRODUÇÃO

Na região Mesoandina do Peru Figura 1, grande parte dos projetos de habitação social são construídos com materiais que não atendem às necessidades térmicas dos habitantes. O principal sistema de construção nas áreas urbanas é o bloco cerâmico (INEI, 2017). No Peru não existem normas que visem o isolamento em áreas frias, principalmente para o inverno, onde a temperatura cai abaixo de 0 °C, por isso é importante que as habitações tenham isolamento adequado para resistir a baixas temperaturas.

Figura 1: Zonas bioclimáticas no Peru



Fonte: (MVCS, 2014)

Se considerarmos que o setor residencial representa grande parte da malha urbana e que os ocupantes da casa permanecem boa parte do dia, é necessário que a arquitetura sirva de elo entre o interior e o exterior, visando criar ambientes confortáveis e adaptados às necessidades dos ocupantes. O problema do conforto térmico na região Mesoandina reside no fato de a habitação social existente não está relacionada ao clima, pois os modelos foram replicados de cidades com climas mais quentes, e as propostas de condicionamento passivo não foram desenvolvidas de acordo com o clima frio. É compreensível que as habitações inseridas nesta área devam ter uma envolvente que responda ao clima e consiga ultrapassar as oscilações térmicas que geram carências energéticas recorrentes no interior.

As pesquisas sugerem que a alta resistência e as propriedades de isolamento da fibra de Totora a tornam um material útil para lidar com condições climáticas extremas, como as encontradas na região Andina. (STEFFENS; STEFFENS; OLIVEIRA, 2017, p. 2). Uma investigação realizada na zona Altoandina de Puno para o condicionamento passivo de uma casa de adobe sugere que:

“[...] O uso de Totora e a implementação de conceitos bioclimáticos básicos de conforto térmico com recursos locais podem melhorar o desempenho térmico de residências em áreas isoladas das regiões altas andinas do sul do Peru. O primeiro objetivo deve ser tornar as casas mais herméticas e isoladas para evitar perdas de calor por condução e infiltração. (JIMENEZ; WIESER; BIONDI, 2017, p. 8, tradução nossa).

Como um estudo de caso foi tomada a cidade de Puno às margens do Lago Titicaca a 12.500 pés (3.810 metros acima do nível do mar), por ser a mais extensa e povoada na faixa circunlacustre onde é frequente ver altas taxas de mortalidade em crianças e idosos. Considerando que o território peruano, por ser muito mais próximo do Equador, tem sol na maior parte do ano com radiação solar anual nas montanhas é de aproximadamente 5,5 a 6,5 kWh/m² (MINEM; SENAMHI, 2003). O manejo de um material autóctono como a Totora disponível no Lago Titicaca junto com o recurso solar constituem possibilidades atrativas neste ambiente.

1.1. A TOTORA

A Totora é conhecida pelo nome científico *Schoenoplectus Tatora* que forma os Totorales do Lago Titicaca localizado no coração de Puno no Peru (NINAQUISPE, 2012, p. 1, tradução nossa). É uma planta aquática, por suas propriedades é uma boa candidata ao isolamento, juntamente com a sua secção porosa com alvéolos interiores e a sua superfície cerosa Figura 2.

Figura 2: Totora e casas de Totora no Peru



Fonte: (AGENCIA AGRARIA, 2021)

É de grande importância para as comunidades do Lago Titicaca, pois mantém um alto significado cultural para a população local. Atualmente usado pela comunidade Uros. Principalmente para “[...] construir as ilhas onde moram, construir casas, esteiras, artesanato e barcos. Além disso, peixes e pássaros dependem de seu habitat natural para complementar sua dieta.” (BANACK; DIAZ, 2004, p. 6, tradução nossa).

“Tem um valor de R cerca de oito vezes superior ao adobe da mesma espessura e pode ser utilizado como isolamento sustentável em paredes, janelas e portas, aplicando-o como camada exterior em habitações novas ou existentes, melhorando o conforto interior das casas”. (NINAQUISPE, 2012, p. 1).

Tornando-se uma opção viável para uso em residências, dado que era usado desde os tempos antigos em casas vernáculas da zona Mesoandina.

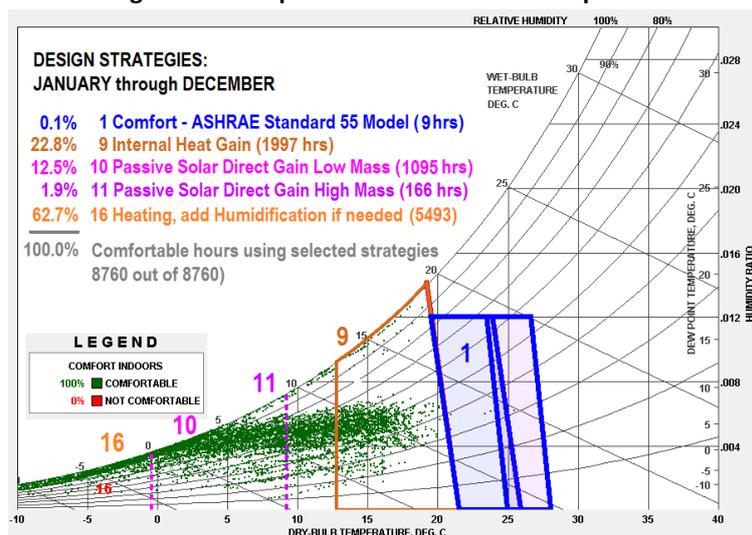
2.0. METODOLOGIA

Esta pesquisa busca compreender o cenário atual da habitação social na zona Mesoandina e buscar soluções para melhorar o aquecimento passivo adequado ao clima frio. Para isso, primeiramente, buscou-se definir as características climáticas do lugar onde se observa que a cidade de Puno se destaca devido à cordilheira dos Andes, fator de grande importância no microclima devido às mudanças de altitude.

2.1. DESCRIÇÃO DO CLIMA LOCAL

O carta psicrométrica indica que Puno está em 0,1% de horas em conforto de acordo com o modelo ASHRAE Standard 55 e que a estratégia mais importante é o aquecimento adicionando umidificação se é necessário em 62,7% Figura 3.

Figura 3: Carta psicrométrica-conforto adaptativo



Fonte: Climate consultant

Na cidade de Puno, os verões são curtos e nublados, os invernos são frios e predominantemente límpidos, é seco durante todo o ano sendo os meses mais secos julho e agosto, a temperatura média anual é de 9,6 ° C e a umidade é de 52, 1% Tabela 1

Tabela 1: Resumo dos dados meteorológicos no período de estudo

2019	TA (°C)	HR (%)	VV (m/s)
Media	9.6	52.1	2.7
Max	17.8	97.4	9.1
Mín	1.7	13.3	0.4

TA= Temperatura do ar VV= Velocidade do vento
UR= Umidade relativa

Fonte: (SENAMHI, 2019)

2.2. TIPOLOGIAS REPRESENTATIVAS

Foi feito um recorte de uma habitação social existente na cidade de Puno próximo ao Lago Titicaca, considerado o mais alto da América do Sul e localizado na zona Mesoandina. A seguir, foram localizadas as habitações de interesse social existentes, escolhendo as tipologias representativas A, B e C, foi efetuada uma exploração no lugar durante 15 dias (20/07/2019 a

03/08/2019) cada rua e cada lote a pé, tendo um registro de altura e materiais da envoltória. Resultando que o material de construção predominante é o bloco cerâmico nas paredes em 75%, a cobertura é em laje de concreto em 80%, vidro simples de 4 mm em 54%, as portas em chapa de metal em 67%. As tipologias selecionadas para modelagem representam o contexto menos favorável, com orientação Sul.

A metodologia utilizada visa investigar o conforto térmico através do percentual de horas ocupadas em conforto (POC) segundo ASHRAE 55-2017 para o 80% de aceitabilidade por ser um clima frio e possuir uma faixa de temperatura maior, com (+/- 3,5 °C). Foi usado o programa Design Builder versão 6.1.0 para realizar as simulações termoenergéticas. Para a análise, foram utilizados os dados de TO e temperatura do ar externo (TE) do bulbo seco, do ambiente de uso múltiplo de cada residência. A faixa aceitável foi considerada para o dia típico do mês mais frio de inverno (julho), foi calculada a média de cada hora das (744 horas) para estabelecer a faixa aceitável representativa para o mês. Resultando uma temperatura exterior de 1,22 °C, com um limite superior de 21,70 °C, uma zona de conforto de 18,20 °C e um limite inferior de 14,70 °C. Deve-se observar que este método de acordo com a norma ASHRAE 55-2017, não pode ser aplicado em locais onde a temperatura externa mínima seja inferior a 10 °C ou onde a temperatura máxima seja superior a 33,5 °C. Apesar disso, foi tomado como referência em ausência de padrões mais adequados para esses climas.

2.2. Parâmetros para a simulação em seu estado atual

As simulações foram realizadas para as habitações protótipo selecionadas do governo do Peru correspondentes ao programa ENACE Figura 4. Para a elaboração do modelo no Design builder, o template de dados climáticos foi inserido no formato “EPW” extraído de: (ONEBUILDING, 2020), para a cidade de Juliaca que está localizada aproximadamente 40 km da cidade de Puno, sendo a única fonte confiável próxima.

Figura 4: Tipologias simuladas em seu estado atual



As configurações básicas dos modelos mantêm as seguintes características:

- A ocupação e atividades metabólicas foi tomada da planilha do edifício residencial com um fator de atividade de 1,0 MET, 1,0 CLO para inverno e verão. Ocupação de 3 usuários para a tipologia A e B ao longo do dia e 5 usuários para a tipologia C.
- Respeito as cargas internas dos aparelhos coincidem com o uso doméstico com ausência de aparelhos de ar condicionado.

- A Iluminação optou-se por adotar o valor padrão dos templates do programa de 6 W/m² para os ambientes múltiplos com ventilação natural.
- Para as infiltrações foram encontradas algumas referências e optou-se por realizar a configuração básica com 1,00 AC/h. Para as simulações das tipologias no seu estado atual com um template de Crack “very poor”.
- Portas e janelas externas metálicas e internas de madeira, presentes na biblioteca de programas. Vidros simples de 4 mm de transmissão solar SHGC = 0,847, transmissão de luz = 0,816, U = 5,871 com carpintaria de alumínio, com percentual de área aberta a 10%, tanto para janelas internas quanto externas.

2.3. PROPRIEDADES TÉRMICAS

As propriedades térmicas dos materiais foram colocadas para a composição do teto, parede e pisos, tomando como referência obras e valores com qualidades semelhantes Tabela 2.

Tabela 2: Propriedades térmicas das tipologias analisadas

	Componente	Composição	E (mm)	Condutividade	Densidade	Calor específico	Valor R	Valor U
				λ w/m.K	ρ (kg/m ³)	C (J/kg.K)	R (m ² k/W)	U (W/m ² k)
Tipologia A	Parede:	Reboco	12,5	0,72	1.860	1.200	-	2,30
	Espessura total:	interno						
	13.75cm	Bloco cerâmico tipo King Kong	125	0,47	1.045	800		
	Teto: Espessura total 3 mm	Calamina	6	45	7.680	420	-	7,27
Tipologia B	Piso: Espessura total 15cm	Concreto	100	1,75	2.200	1.000	0,06	3,81
		Contrapiso	50	1,15	2.000	1.000	0,04	
Tipologia B y C	Parede:	Reboco	12,5	0,72	1.860	1.200	-	2,22
	Espessura total:	interno						
	15cm	Bloco cerâmico tipo King Kong	125	0,47	1.045	800		
		Reboco externo	12,5	0,72	1.860	1.200		
	Teto (Entrepiso):	Contrapiso	50	1,15	2.000	1.000	0,0435	1,72
	Espessura total 25cm	Laje de concreto	50	1,15	2.000	1.000	0,0286	
		Bloco cerâmico de teto	120	0,44	720	800	-	
		Reboco de gesso	30	0,35	900	870	0,0084	
Tipologia C	Piso: Espessura total 15cm	Concreto	100	1,75	2.200	1.000	0,06	3,81
		Contrapiso	50	1,15	2.000	1.000	0,04	

Fonte: (LABEEE, 2018; WIESER-REY; ONNIS; MELI, 2019) e componentes construtivos de Design builder

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações para o período de 1 ano do estado atual para o ambiente múltiplo do dia típico do mês de julho indica 8,3% de conforto para a tipologia A e 0,0% de conforto para as tipologias B e C. Em nenhum dos casos foi observado desconforto por calor. A tipologia A mostra as perdas de calor através do teto, paredes e ar externo. A tipologia B mostra as perdas de calor

pelas paredes, ar externo e teto, e a tipologia C mostra as perdas de calor pelas paredes, ar externo e piso. Evidencia-se a necessidade de melhorias na envoltoria térmica, frequentemente devido à perda de calor dos telhados e paredes e por infiltrações de ar na carpintaria.

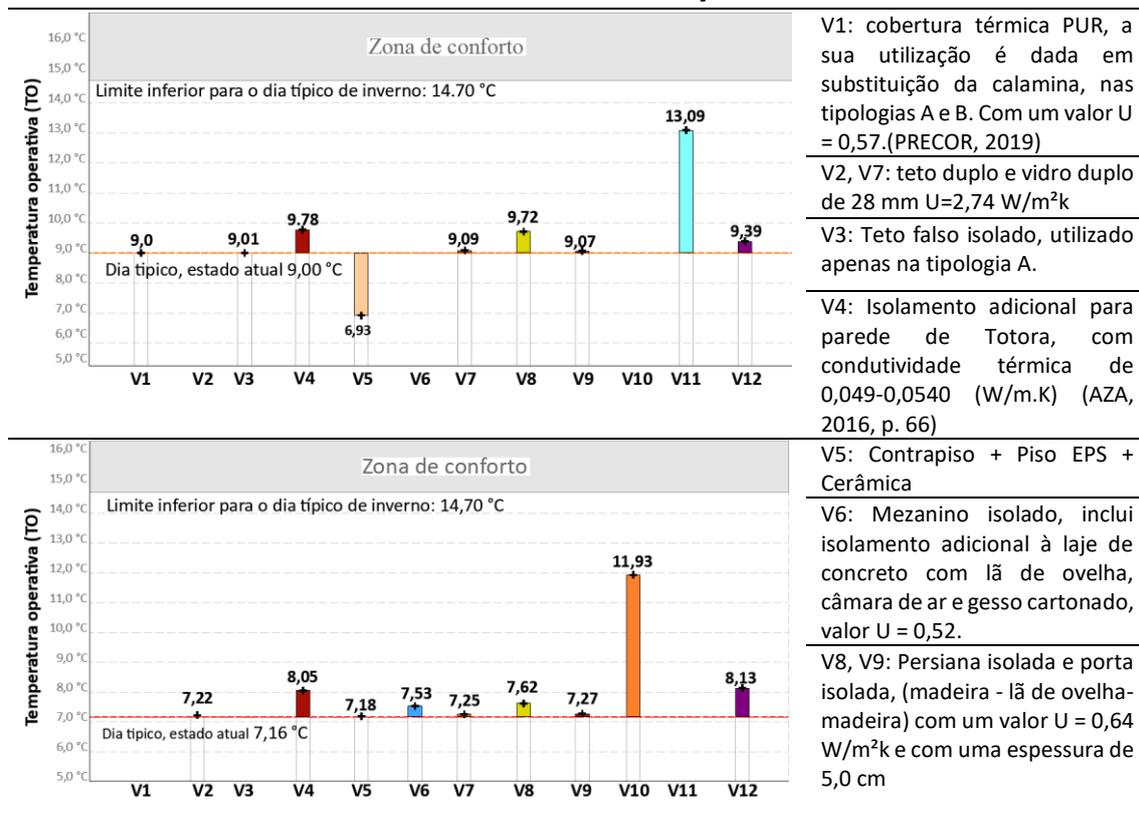
Um aspecto a levar em consideração é que não é possível modificar o ambiente por se tratar de habitações com vizinhos muito próximos, é necessário propor intervenções visando manter sua funcionalidade. O sistema construtivo escolhido é misto (materiais convencionais e não convencionais). Para reduzir a perda de calor e manter as superfícies internas em uma temperatura mais alta do que o estado atual.

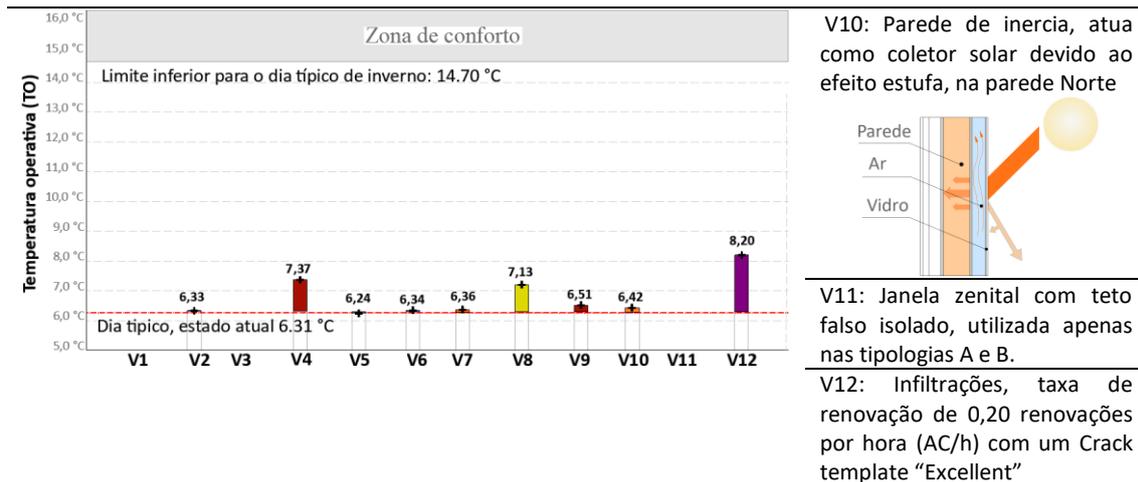
As principais diretrizes de intervenção adotadas sempre foram a utilização de sistemas passivos conforme recomendado (FROTA, 1995; NEILA, 2004; OLGAY, 1998). Melhorar a percentagem de horas ocupadas em conforto (POC), utilizando simulação segundo os critérios da ASHRAE 55-2017. Segundo os autores (DUBRAVKA, 2010; MANZANO; MONTOYA; SABIO, 2015; MONTERDE, 2014; WIESER, 2008) concluiu-se com a adoção de duas estratégias de intervenção relevantes e seus respectivos sistemas recomendados para climas frios como; melhoria da envoltoria térmica (EnT) e aquecimento solar (AS).

3.1. INTERVENÇÕES ISOLADAS

As intervenções foram feitas de forma isolada, a fim de denotar a influência de cada uma delas, em relação a cada tipologia analisada. A gestão das variáveis para as tipologias A e B está relacionada com a melhoria da envolvente térmica (EnT) e do aquecimento solar (AS). Somando doze variáveis no total Tabela 3.

Tabela 3: Influência das variáveis em relação ao estado atual





Fonte: Elaboração própria

Ao analisar as variáveis isoladas para cada estratégia e por tipologia, foi possível observar quais delas poderiam aumentar a TO.

- Para a tipologia A o isolamento das paredes V4 e o isolamento das janelas V8 foram mais importantes, apesar do TO ter aumentado em relação ao seu estado atual apenas em 1,15 °C, no entanto, a variável que realmente mostra uma diferença notável em TO está relacionado à estratégia AS pelo sistema indireto V11, com o uso de uma janela zenital, aumentando em 4,09 °C.
- Para a tipologia B, o isolamento das paredes V4 e a variação das infiltrações V12 foram importantes, apesar do TO ter aumentado em relação ao seu estado atual em 1,46 °C, no entanto, destaca-se a variável V10, com a utilização da parede de inércia, aumentando 4,77 °C.
- Tipologia C, respeito à estratégia EnT, o isolamento das paredes V4 e o isolamento das janelas V8 foi mais importante, aumentado em relação ao seu estado atual em até 4,86 °C, resultado semelhante manifesta a variável relacionada com V12 infiltrações, aumentando em 3,33 °C, assim como V8, aumentando em 2,73 °C.
Por se tratar de uma casa de dois pisos, é necessário gerir o isolamento nas paredes e infiltrações além de utilizar venezianas isoladas, aqui a utilização da parede inercial é menos eficaz porque tem menos acesso solar, sendo as variáveis relativas ao isolamento aquelas que melhor influenciam nesta tipologia.

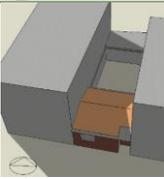
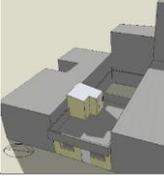
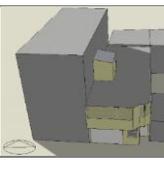
Em todos os casos analisados, apesar do aumento das temperaturas operativas, elas ainda estão abaixo da faixa de conforto considerada para a zona estudada. Com base nesses resultados, considerou-se a necessidade de aliar mais intervenções e estratégias para a obtenção do conforto térmico nas habitações.

3.2. INTERVENÇÕES COMBINADAS

Foram utilizadas as variáveis mais influentes (V1, V2, V3, V4, V5 e V12) e adicionalmente as variáveis (V6-V11) em grupos de combinações.

Três grupos de combinações serão simulados a seguir denominados EnT 1, EnT 2 e EnT 3 + AS Tabela 4

Tabela 4: Comparação das propostas

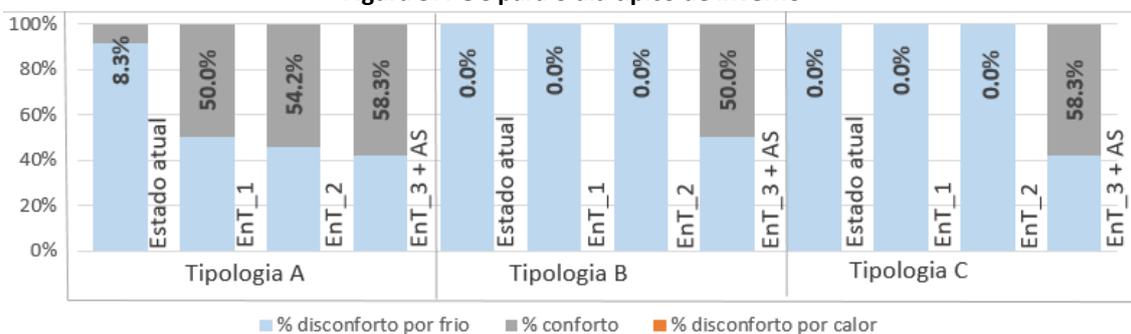
		Situação atual	EnT_1 e EnT_2	EnT_3+AS	
Tipologia A	J	VS	VS para EnT 1 e V7 para EnT_2.		V7+V8+V9
	P	Bloco cerâmico	V4		V4
	T	Calamina	V1		V1+V11 (de 5,70m ²)
	PI	Contrapiso de concreto	V5		V5
Tipologia B	J	VS	VS para EnT 1 e V7 para EnT_2.		V7+V8+V9
	P	Bloco cerâmico	V4		V4
	T	Concreto	V6		V1 e V11 (de 6,00 m ²)
	PI	Contrapiso de concreto	V5		V5
Tipologia C	J	VS	VS para EnT 1 e V7 para EnT_2.		V7+V8+V9
	P	Bloco cerâmico	V4		V4+V10
	T	Concreto	V6		V6
	PI	Contrapiso de concreto	V5		V5

J=Janela, P=Parede, T=teto, PI=piso, VS=Vidro simples

Fonte: Elaboração própria

O POC e a temperatura operativa (TO) foram avaliados segundo os critérios da ASHRAE 55-2017, para as combinações propostas, comparando-os com o estado atual para os resultados das simulações para o dia típico de inverno. Figura 5.

Figura 5: POC para o dia típico de inverno

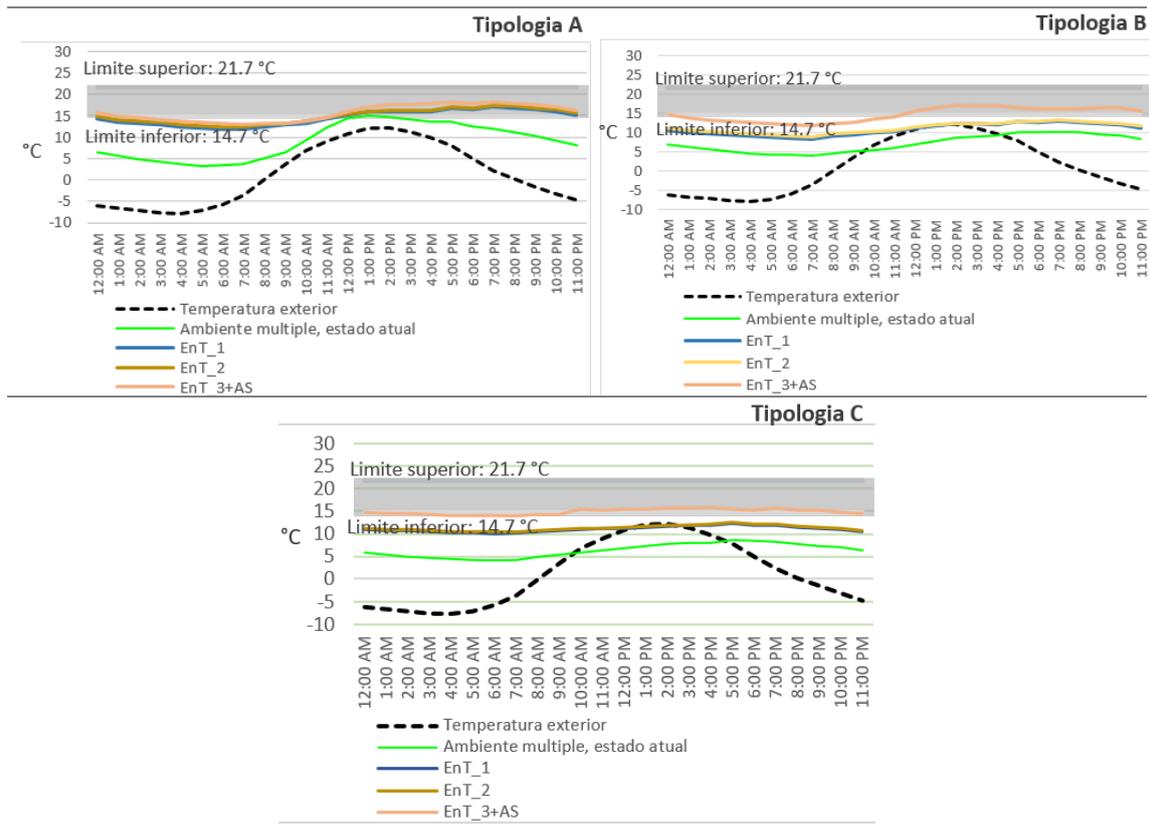


Fonte: Elaboração própria

Observa-se que para as tipologias analisadas, o ambiente múltiple apresenta bons percentuais, principalmente para a combinação EnT_3 + AS. Atinge para o dia típico entre 50,0% a 58,3% de conforto. Para a combinação EnT_3, um aumento médio de TO de 7,6 °C em relação ao seu estado atual.

Todas as combinações apresentam TO aceitável ao longo do dia no exterior, especialmente nas primeiras horas de manhã e noite Tabela 5.

Tabela 5: Temperatura operativa e zona de conforto para o dia típico de inverno



Fonte: Elaboração própria

A combinação EnT_3 + AS, apresentou melhores resultados em relação às demais combinações devido à melhoria da envoltoria destacando o isolamento em paredes, o isolamento em portas e janelas e a inclusão de aquecimento solar (AS) através de uma parede de inércia e janela zenital. A inércia térmica do envelope aumentou, uma questão inversa ao que estava em seu estado atual. Entende-se que esta combinação extrema de intervenções, podendo ser difícil de realizar em habitações de interesse social, no entanto, pretende-se indicar claramente a forma a ser utilizada para obter melhores benefícios térmicos reduzindo de 1,00 para 0,20 AC/h em infiltrações. As tipologias analisadas são diferenciadas pelo número de níveis, que impactam na utilização de estratégias nas habitações de um nível A e B que pressupõem a gestão mais focada no aquecimento solar, uma vez que a variável manifestou um maior impacto no conforto interno além de que tinha um pátio que abre a possibilidade de reformas. A tipologia C de dois níveis foi mais dependente da melhoria da envoltória e da hermeticidade, para a qual o material isolante em paredes é recomendado nesta tipologia.

Para esta zona bioclimática, é aconselhável inicialmente adaptar sistemas de aquecimento preferencialmente para tetos por ter melhor eficiência, depois em paredes e pavimentos com as estratégias de melhoria do envelope térmico (EnT), bem como o isolamento das janelas e o uso persianas. Para finalmente aumentar a estanqueidade da casa, também é evidente que, na maioria dos casos, a obtenção do conforto térmico passa necessariamente pela adoção de estratégias ativas de aquecimento.

Na tipologia A, o uso massivo de calamina é bastante comum, portanto seria conveniente utilizar uma cobertura tipo sanduíche como a sugerida nesta pesquisa (cobertura térmica PUR), podendo também ser implementadas outras alternativas de baixo custo, e da zona. Além disso, é recomendável colocar um teto falso isolado para gerar uma câmara de ar e

evitar a perda de calor. Esta tipologia está bastante exposta aos elementos com menos eficiência em comparação com uma casa de dois pisos.

Respeito à tipologia B, a intervenção nesta tipologia existente seria essencialmente na estratégia de aquecimento solar (AH), por sistema direto ou indireto, visto que esta tipologia permite adaptações pelo facto de possuir um pátio posterior. Sugere-se dar acabamento para tetos e tetos falsos como tipologia A. Posteriormente, seria utilizada a estratégia de isolamento térmico (EnT) nas paredes. Esta tipologia está também exposta como A, pelo que é necessária tanto na reabilitação como na projeção de novas habitações para isolar as coberturas.

Por fim, para a tipologia C, a intervenção abordaria, em primeiro lugar, o envelope e a estratégia de melhoria do isolamento. Por ter possibilidades limitadas de adaptações, por se tratar de uma casa de dois níveis com pouco acesso solar, além da tendência de continuar crescendo verticalmente, limita as possibilidades de intervenção nas coberturas. A ordem de intervenção começaria pela gestão das persianas isoladas. Seguido por o isolamento em paredes de perímetro. A gestão da hermeticidade nesta tipologia mostrou-se importante, isto indicaria que para que esta habitação conserve o calor ganho, deve ter as esquadrias das aberturas em bom estado com o uso de vedantes para evitar infiltrações. A área da janela deve ser fornecida conforme necessário nos espaços. Por fim, em todos os casos, dependendo do orçamento administrado, seria estimulado a continuar adicionando mais variáveis em relação ao impacto térmico que favorece as condições internas.

4. CONCLUSÃO

A habitação social na região Mesoandina carece de aspectos qualitativos, apontando sobretudo para o uso frequente de sistemas construtivos inadequados e de materiais precários, bem como a falta de inclusão de estratégias, visto que, conforme observado, apresentam deficiências, encontrando vulnerabilidade térmica e pobreza energética., a gestão do recurso solar é essencial. Nas tipologias listadas, a devida atenção ao envelope térmico é essencial. Em todos os casos analisados, observou-se que não houve desconforto térmico. É importante notar também que as normas internacionais que regulam os limites de conforto não podem abranger especialidades para cada tipo de clima, visto que mudam as preferências de cada população, a aclimação e as suas expectativas, pelo que é necessário determinar condições particulares para cada lugar.

As soluções para melhorar o aquecimento passivo usando materiais autóctonos por meio de intervenções combinadas apresentaram resultados progressivamente favoráveis com isolamento e aquecimento solar, com variáveis aplicadas em paredes, teto e piso, além da permeabilidade de ar. Para o isolamento optou-se pela utilização de materiais autóctonos como: lã de ovelha e Totorá, que se apresentam como bons isolantes térmicos, tanto pela sua disponibilidade na área de estudo como pelos benefícios socioculturais, ambientais e económicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA AGRARIA. **Exportación de totora a Holanda**. Disponível em: <<https://agraria.pe/noticias/peru-iniciara-exportacion-de-totora-del-lago-9747>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

AZA, L. **La totora como material de aislante térmico: potencialidades**. Barcelona, España: Universidad politécnica de Catalunya, 2016.

BANACK, S.; DIAZ, W. **Indigenous cultivation and conservation of Totorá (Schoenoplectus Californicus , Cyperaceae) in Peru**. n. Heiser 1985, 2004.

DUBRAVKA, M. **Estrategias de diseño pasivo para ahorro energetico en edificación-Propuestas para disminución de**

demanda calorífica y frigorífica en clima continental templado. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, 2010.

FROTA, A. **Manual do conforto Térmico.** 2da. ed. Sao Paulo, Brazil: Estudio nobel, 1995.

INEI. Perú: **Características de las viviendas particulares y los hogares.** Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, p. 127, 2017.

JIMENEZ, C.; WIESER, M.; BIONDI, S. **Improving Thermal Performance of cabins in the High-Altitude Peruvian andean Region,** Edingurgh, PLEA, , 2017.

LABEEE. **Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus.** Journal of Chemical Information and Modeling, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2018.

MANZANO, F.; MONTOYA, F.; SABIO, A. **Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 49, 2015.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS; SENAMHI. **ATLAS DE ENERGÍA SOLAR. Electrificación rural a base de energia fotovoltaica en el Perú,** 2003.

MONTERDE, M. A. **Guías de estrategias de diseño pasivo para la edificación.** In: INSTITUTO VALENCIANO DE LA EDIFICACIÓN (Ed.). . Foro para la edificación sostenible de la comunitat Valenciana. 1ra. ed. España: IVE, 2014. p. 66.

MVCS. **Normatividad para edificaciones bioclimáticas en el Perú,** Perú, 2014.

NEILA, J. **Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible** (M. Laria, Ed.)Madrid, 2004.

NINAQUISPE, L. **Totora: A Sustainable Insulation Material for the Andean Parts of Peru.** p. 7, 2012.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima, manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.** 15va. ed. España: Gustavo Gili, 1998.

ONEBUILDING. **Repository of free climate data for building performance simulation.** Disponible em: <http://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/PER_Peru/index.html>. Acesso em: 24 set. 2020.

PRECOR. **Paneles aislantes PUR.** Disponible em: <https://s3.amazonaws.com/precors-storage/manual/thermotecho-tca-pur_1553363413.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.

SENAMHI. **Datos meteorológicos a nivel nacional.** Disponible em: <<https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>>.

STEFFENS, F.; STEFFENS, H.; OLIVEIRA, F. R. **Applications of Natural Fibers on Architecture.** Procedia Engineering, v. 200, p. 317–324, 2017.

WIESER-REY, M.; ONNIS, S.; MELI, G. **Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada Posibilidades de aplicación en el territorio peruano.** Revista de Arquitectura, v. 22, n. 1, 2019.

WIESER, M. **Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: el caso Peruano.** Arquitectura y Ciudad., v. Cuadernos, p. 93, 2008.