

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA ARQUITETURA VERNÁCULA
EM AREQUIPA – PERU: RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO DE
HABITAÇÃO SOCIAL**

Marco Antonio Vilca Mamani

2017



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação
em Arquitetura



SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA ARQUITETURA VERNÁCULA EM AREQUIPA – PERU: RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO DE HABITAÇÃO SOCIAL

Marco Antonio Vilca Mamani

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Rio de Janeiro
Março de 2017

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA ARQUITETURA VERNÁCULA EM AREQUIPA – PERU: Recomendações para o projeto de habitação social

Marco Antonio Vilca Mamani

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Aprovada por:

Presidente, Prof. Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.

Prof. Mário de Oliveira Saleiro Filho, D. Sc.

Prof^a. Maria Lygia Alves de Niemeyer, D.Sc.

Prof^a. Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos, D.Sc.

Rio de Janeiro
Março de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Mamani, Vilca Marco Antonio.

Sustentabilidade ambiental da arquitetura vernácula em Arequipa – Peru: Recomendações para o projeto de habitação social / Marco Antonio Vilca Mamani. – Rio de Janeiro: UFRJ / FAU, 2017.

xvii, 162f.: il.; 31cm.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos.

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ PROARQ/ Programa de Pósgraduação em Arquitetura, 2017.

Referências Bibliográficas: f. 142-147.

1. Sustentabilidade ambiental. 2. Arquitetura vernácula. 3. Habitação social. 4. Releitura. 5. Arequipa. I. Bastos, Leopoldo Eurico Gonçalves. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.

AGRADECIMENTOS

À minha amada mãe pelo incondicional estímulo à educação.

À minha querida irmã pelo incondicional estímulo e amizade.

A Leopoldo pela paciente orientação e conhecimentos transmitidos.

A Almodóvar pelas importantes informações concedidas e generosidade, desde Espanha.

A Estanis pela confiança e incondicional estímulo à qualificação profissional.

A Federico Romero pelo apoio inicial e informações concedidas.

À Bristan pela ajuda inicial com informações desde Peru.

Ao Estado Peruano - PRONABEC pela concessão da bolsa de estudos e ao PROARQ/UFRJ pela formação recebida e apoio à produção acadêmica.

Ao Comitê do consórcio doutoral ENTAC 2016 pelas recomendações de trabalho.

RESUMO

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA ARQUITETURA VERNÁCULA EM AREQUIPA – PERU: Recomendações para o projeto de habitação social

Marco Antonio Vilca Mamani

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura.

A Arquitetura vernácula é resultado da engenhosidade do homem, através dos séculos de diversas civilizações para proteção contra os rigores climáticos e por questões de segurança, o que revela uma consonância com a sustentabilidade ambiental. Ao longo da história há muitos exemplos desta arquitetura baseada nas condições materiais, técnicas e ambientes locais. Arequipa é um bom exemplo histórico de interação entre a sua arquitetura, o meio físico, materiais locais, sistemas construtivos, e identidade cultural. A proposta do trabalho consiste em analisar o processo evolutivo da arquitetura vernácula em Arequipa e identificar suas características relacionadas com os princípios de sustentabilidade ambiental. A pesquisa contribui objetivamente com uma análise de soluções vernáculas passíveis de serem utilizadas em projetos contemporâneos de concepção arquitetônica, voltados para a habitação popular e orientados para o desenvolvimento sustentável de Arequipa.

Palavras-chave: sustentabilidade ambiental; arquitetura vernácula; habitação social; releitura; Arequipa.

Rio de Janeiro
Março 2017

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF VERNACULAR ARCHITECTURE IN AREQUIPA - PERU: Recommendations for the social housing Project

Marco Antonio Vilca Mamani

Supervisor: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.

Abstract of the Master degree thesis submitted at the Architecture Postgraduate Program, of UFRJ, as a partial fulfillment of requirements for the degree of Master of Architecture Science.

The vernacular architecture is the result of the ingenuity of man, through the centuries of many civilizations for protection against climatic rigors and safety issues, which reveals a line with environmental sustainability. Throughout history, there are many examples of this architecture based on material conditions, technical and local environments. Arequipa is a good historical interaction example of architecture, with its physical environment, local materials, building systems, and cultural identity. The aim of this study is to analyze the evolutionary process of vernacular architecture in this region and identify its characteristics related to the principles of environmental sustainability. The research objectively contributes with an analysis of vernacular solutions possible to be used in contemporary designs of architectural design, focused on low-income housing and oriented to the sustainable development of Arequipa.

Keywords: environmental sustainability; vernacular architecture; Arequipa; learning to the pass.

Rio de Janeiro
March 2017

RESUMEN

SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA ARQUITECTURA VERNÁCULA EN AREQUIPA – PERU: Recomendaciones para el proyecto de vivienda social

Marco Antonio Vilca Mamani

Asesor: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.

Resumen de la Disertación de Maestría sometida al Programa de Post-graduación en Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, de la Universidad Federal de Rio de Janeiro - UFRJ, como parte de los requisitos necesarios a la obtención del título de Master en Ciencias en Arquitectura.

La arquitectura vernácula es resultado de la ingeniosidad del hombre, a través de los siglos de diversas civilizaciones para protección contra los rigores climáticos y por cuestiones de seguridad, lo que revela una consonancia con la sustentabilidad ambiental. A lo largo de la historia hay muchos ejemplos de esta arquitectura basada en las condiciones materiales, técnicas y ambientes locales. Arequipa es un buen ejemplo histórico de interacción entre su arquitectura, el medio físico, materiales locales, sistemas constructivos, e identidad cultural. La propuesta del trabajo consiste en analizar el proceso evolutivo de la arquitectura vernácula en Arequipa e identificar sus características relacionadas con los principios de sustentabilidad ambiental. La investigación contribuye objetivamente con un análisis de soluciones vernáculas pasibles a ser utilizadas en proyectos contemporáneos de concepción arquitectónica, para la habitación popular y orientada para el desarrollo sustentable de Arequipa.

Palabras clave: sustentabilidad ambiental; arquitectura vernácula; vivienda social; Arequipa; relectura.

Rio de Janeiro
Marzo 2017

SUMARIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
RESUMEN	VIII
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE QUADROS	XVI
LISTA DE GRÁFICOS	XVII
INTRODUÇÃO	18
CAPÍTULO 1- EMBASAMENTO TEÓRICO	24
1.1 SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO SOCIAL	24
1.1.1 Sustentabilidade e Arquitetura: revisando alguns conceitos	24
1.1.2 Habitação de interesse social e desenvolvimento sustentável	27
1.1.3 Conforto ambiental e eficiência energética, na habitação	29
1.1.4 Materiais e sustentabilidade	31
1.1.5 Habitação social em Arequipa	33
1.2 O ENTORNO GEOGRÁFICO E CLIMÁTICO DE AREQUIPA	38
1.2.1. Localização geográfica	38
1.2.2 Dados climáticos	39
1.2.3 Movimentos sísmicos	41
1.3 ARQUITETURA VERNÁCULA E SUSTENTABILIDADE	42
1.3.1 Definição e contextualização do vernáculo	42
1.3.2 Sustentabilidade na arquitetura vernáculo	43
1.3.3 Metodologias de análise da arquitetura vernáculo	43
1.3.4 Considerações	47
CAPÍTULO 2 - EVOLUÇÃO DE TIPOLOGIAS EM AREQUIPA	48
2.1 DEFININDO OS PERÍODOS VERNÁCULOS EM AREQUIPA	48
2.1.1 Vernáculo (Pré-hispânico)	49
2.1.2 Vernáculo por síntese (Colonial e início da república)	50
2.1.3 "Vernáculo Moderno" (Republicano)	52
2.2 ARQUITETURA VERNÁCULA – PRÉ-HISPÂNICA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.3.1 Relação do lugar e ambiente	54
2.3.2 Elementos culturais	68
2.3.3 Simplicidade da forma e construção	70
2.3.4 Economia do método	72
2.3.5 Materialidade	76
2.3 ARQUITETURA VERNÁCULA POR SÍNTESE – COLONIAL	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.3.1 Relação do lugar e ambiente	Erro! Indicador não definido.
2.3.2 Elementos culturais	Erro! Indicador não definido.
2.3.3 Simplicidade da forma e construção	Erro! Indicador não definido.
2.3.4 Economia do método	Erro! Indicador não definido.
2.3.5 Materialidade	Erro! Indicador não definido.
2.4 ARQUITETURA "VERNÁCULA MODERNA" – REPUBLICANO	78
2.4.1 Relação do lugar e ambiente	78
2.4.2 Elementos culturais	79
2.4.3 Simplicidade da forma e construção	81
2.4.4 Economia do método	83
2.4.5 Materialidade	84
2.5 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES	86

2.5.1 Relação do lugar e ambiente	86
2.5.2 Elementos culturais.....	87
2.5.3 Simplicidade da forma e construção.....	88
2.5.4 Economia do método.....	88
2.5.5 Materialidade	89
2.5.5 Síntese Gráfica	89
CAPITULO 3- ESTUDO DE CASOS	91
3.1 METODOLOGIA	91
3.2 DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASOS.....	92
3.2.2 Casa Churajón	92
3.2.3 Casa Moral	93
3.2.4 Casa Chicha	93
3.3 ANÁLISE DA VENTILAÇÃO	95
3.3.1 Extrapolação de dados eólicos para o nível das edificações.....	97
3.3.2 Considerações	99
3.4 ANÁLISE SOBRE A INSOLAÇÃO E LUZ NATURAL	100
3.4.1 INCIDÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR E ILUMINÂNCIA.....	100
3.5 ANÁLISE TÉRMICA	103
3.5.1 Transmitância térmica	103
3.5.2 Temperatura do ar de saída de um ambiente (Ts).....	105
3.6 ANÁLISE ACÚSTICA.....	108
3.6.1 Isolação sonora entre paredes.....	108
3.6.2 Índice de redução sonora ponderado das fachadas.....	109
3.7 ANÁLISE EM GERAL DOS MATERIAIS	111
3.7.1 Matérias locais disponíveis atualmente em Arequipa	112
3.7.2 Análise da rocha vulcânica sillar	115
3.7.3 Critérios sustentáveis	116
3.8 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES	118
3.8.1 Ventilação	118
3.8.2 Insolação e Luz Natural.....	118
3.8.3 Térmica	119
3.8.4 Acústica.....	119
3.8.5 Materiais.....	119
CAPITULO 4- RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL	121
4.1 IMPLANTAÇÃO	121
4.1.1 Identificação e qualificação do lugar	121
4.1.2 Parâmetros urbanísticos	123
4.1.3 Adequação ao entorno climático	125
4.1.4 Gestão de recursos.....	128
4.2 MORFOLOGIA.....	129
4.2.1 Fator de forma	129
4.2.2 Escala dos volumes	131
4.2.3 Aberturas	131
4.2.4 Dispositivos de proteção	131
4.3 MATERIALIDADE	132
4.3.1 Sistema estrutural e sistema construtivo.....	132
4.3.2 Materiais constituintes – fachadas, pisos e coberturas.....	132
4.3.3 Sistemas construtivos de vedações internas.....	135
4.3.4 Possibilidade de uso de mão-de-obra local.....	135

4.4 ESPACIALIDADE	136
4.4.1 Disposição de ambientes.....	136
4.4.2 Ambiência térmica	136
4.4.3 Ambiência acústica	136
4.4.4 Ambiência lumínica.....	137
SÍNTESE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142
GLOSSÁRIO	148
ANEXO A	151
ANEXO B	152
ANEXO C	156
ANEXO D	157
ANEXO E	159
ANEXO F	160
ANEXO G	161
ANEXO H	162

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: esquema ilustrativo das temáticas abordadas. Fonte: elaboração do autor	18
Figura 2: proporção entre a área agrícola / urbana e entre área erieza /urbana. Fonte: Guillén (2008)	19
Figura 3: esquema dos principais problemas da cidade em relação à habitação. Fonte: elaboração do autor ...	20
Figura 4: metodologia da pesquisa. Fonte: elaboração do autor	21
Figura 5: metodologia das tematicas abordadas. Fonte: elaboração do autor.....	22
Figura 6: as cinco dimensões da sustentabilidade. Fonte: adaptado de (SEGHEZZO 2009).....	25
Figura 7: matriz das disciplinas de eco-eficiência com os elementos de concepção arquitetônica. Fonte: adaptado pelo autor de BARROSO-KRAUSE et al., 2012.....	26
Figura 8: habitação social “Renca” no Chile. Fonte: Elemental (2008)	28
Figura 9: trocas termicas no ser humano. Fonte: Lamberts et al , 2012	30
Figura 10: nível de iluminação necessária em ambientes. Fonte: Lamberts et al, 2012	30
Figura 11: problemas acústicos na habitação. Fonte: (CHILE. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. MINVU. CNE 2009)	31
Figura 12: critérios para uma escolha e consumo consciente dos materiais construtivos (Concepção – Produção – Utilização). Fonte: elaboração do autor.....	33
Figura 13: habitações populares em Arequipa (1957). Fonte: Turner (1977)	33
Figura 14: tipologias habitações populares em Arequipa (1957). Fonte: Turner (1977).....	34
Figura 15: conjunto habitacional Nicolas de Pierola. Fonte: google earth, skyscrapercity.com	35
Figura 16: conjunto habitacional Francisco Mostajo. Fonte: google earth	35
Figura 17: conjunto habitacional “El mirador de la Alameda”. Fonte: google earth.....	36
Figura 18: localização do vale de Arequipa. Fonte: plano diretor de Arequipa Metropolitana, 2002.	38
Figura 19: implantação da cidade entre montanhas e vulcões. Fonte: IMPLA (2015).....	38
Figura 20: diagrama de conforto para a cidade de Arequipa. Fonte: Almodóvar (2006).....	39
Figura 21: dados climáticos de Arequipa. Fonte: elaboração do autor com dados de SPQU (Corpac), aeroporto Rodríguez Ballón, 1989-2001, processados em weather tool 2011	40
Figura 22: carta de ventos de Arequipa, frequência mensal hora. Fonte: elaboração do autor, processado em weather tool 2011	40
Figura 23: perigos e risco vulcânico. Fonte: INGEMET.gob.pe	41
Figura 24: esquema do vernáculo como modelo para o design sustentável. Fonte: elaboração do autor	43
Figura 25: aprendendo do vernáculo: copiando valores para o design. Fonte: traduzido de Rapoport (2006) ...	44
Figura 26: aprendendo do vernáculo: analisando valores para o design. Fonte: traduzido de Rapoport (2006) .	44
Figura 27: hipótese de estilos vernáculos em Arequipa. Fonte: elaboração do autor.....	49
Figura 28: implantação das estruturas habitacionais e agrícolas em Arequipa. Fonte: imagem Google Earth	54
Figura 29: estruturas habitacionais. Fonte: ¹ (LÓPEZ e YÉPEZ 2015), ² (ÁLVAREZ 2000)	54
Figura 30: centro arqueológico Corralones. Fonte: imagem de Google Earth.	55
Figura 31: centro arqueológico o Pillo. Fonte: imagem de Google Earth.....	55
Figura 32: campina de Arequipa e andenerias respectivamente. Fonte: raptravel.org.....	55
Figura 33: corte esquemático da montanha. Fonte: elaboração do autor.....	55
Figura 34: campina e vulcões em Arequipa. Fonte: guwentravel.com	56
Figura 35: muralha da estrutura habitacional. Fonte: elaboração do autor	56
Figura 36: corte esquemático oeste-leste da campina – montanha. Fonte: elaboração do autor	56
Figura 37: corte esquemático sul-norte da campina – montanha. Fonte: elaboração do autor.....	57
Figura 38: orientação das estruturas habitacionais nas montanhas. Fonte: elaboração do autor	57
Figura 39: animais nativos dos andes. Fonte: arequipaperu.org	58
Figura 40: edificações representativas das culturas: Puquina, Tiahuanaco, Huari, Churajón e Inca, respectivamente. Fonte: Google Earth	59
Figura 41: esquema de autoconstrução da comunidade através do conhecimento empírico. Fonte: elaboração do autor	59

Figura 42: sítio arqueológico Culebrillas e <i>Intiwatana</i> no complexo arqueológico <i>Churajón</i> . Fonte: arquitectperu.blogspot.com.br e turismoyeducacionvic.blogspot.com.br	60
Figura 43: reconstrução hipotética de uma aldeia em <i>Kasapatac</i> e Casa Atual e em uso, localizada em <i>Chiguata</i> , com componentes arquitetônicos similares às construções pré- hispânicas de Arequipa, com muros de pedra baixos e teto de palha. Fonte: Cardona (2015)	60
Figura 44: reconstrução isométrica de duas tipologias da cultura Churajón. Fonte: (ÁLVAREZ, 2000)	60
Figura 45: hipótese do processo de modelos vernáculos em Arequipa. Fonte: elaboração do autor baseado em (BERNEDO, 1949)	61
Figura 46: abstração das formas pré-hispânicas. Fonte: elaboração do autor	61
Figura 47: texturas de muros e paredes de pedras locais no período pré-hispânico. Fonte: elaboração do autor baseado em figuras de centros arqueológicos	61
Figura 48: fachadas das casas pré-hispânicas. Fonte: elaboração do autor baseado em figuras de centros arqueológicos.....	62
Figura 49: planta baixa das casas no complexo arqueológico Churajón. Fonte: Álvarez (2000).....	62
Figura 50: organograma de uma casa pré-hispânica. Fonte: elaboração do autor.....	63
Figura 51: esquema estrutural de uma casa pré-hispânica. Fonte: elaboração do autor.....	63
Figura 52: esquema de público, privado da casa pré-hispânica. Fonte: elaboração do autor.....	63
Figura 53: esquema de elementos repetitivos. Fonte: elaboração do autor	64
Figura 54: sistema construtivo de tipologias pré-hispânicas. Fonte: elaboração do autor baseado em fotografias de centros arqueológicos.....	64
Figura 55: materiais utilizados para edificações na época pré-hispânica. Fonte: imagem de Google Earth	64
Figura 56: esquema de implantação das áreas agrícolas e habitação. Fonte: elaboração do autor.....	65
Figura 57: localização do centro histórico de Arequipa. Fonte: imagem Google Earth	66
Figura 58: vista aérea do centro histórico de Arequipa. Fonte: skyscrapercity.com	66
Figura 59: visuais da campina de Arequipa e os vulcões. Fonte: skyscrapercity.com	67
Figura 60: plano de Arequipa, ano 1800. Fonte: (RAMIREZ 2002)	67
Figura 61: trama urbana do centro historico de Arequipa, orientação 20°norte. Fonte: (ALMODÓVAR, et al. 2012)	68
Figura 62: árvores trazidas pelos espanhóis para Arequipa. Fonte: dreamstime.com	68
Figura 63: hierarquia base para a construção das edificações na colônia. Fonte: elaboração do autor.....	69
Figura 64: gárgulas de felinos típicos dos andes. Fonte: google earth.....	69
Figura 65: convento Santa Catalina (esquerda) e Igreja claustros de companhia (direita). Fonte: Infocap (2015)	70
Figura 66: casa em chivay, Arequipa similar à época Proto-hispânica (esquerda). Imagem hipotetica de Arequipa seculo XVII (direita). Fonte: Infocap (2015) e Ríos (2014).....	70
Figura 67: imagem hipotetica de Arequipa seculo XVIII Casa teto abobadada. Casa teto plano. Fonte: Ríos (2014).....	70
Figura 68: múltiplas utilidades do uso da pedra vulcânica sillar. Fonte: elaboração do autor	71
Figura 69: abstração dos ambientes do estilo vernáculo por síntese. Fonte: elaboração do autor	71
Figura 70: muros, portas e distribuição da casa Proto-Hispânica. Fonte: adaptado pelo autor com desenhos de (PALOMINO, 2012).....	71
Figura 71: Arequipa século XIX. Fonte: atlas de Geografía del Perú de Mariano Paz Soldán, 1864.....	72
Figura 72: distribuição em planta de tipologias, proto-hispânico, barroco/neoclássico e neorrenacentista respectivamente . Fonte: adaptado pelo autor de desenhos de (PALOMINO 2012)	72
Figura 73: imagem hipotética do estilo proto-hispanico, também denominado como “rancherias”. Fonte: centro de pesquisa e projetos da Universidade Católica de Santa María de Arequipa.	73
Figura 74: variação de tipologias de casas de estilo barroco e neoclássico. Fonte: (BUSTAMANTE 2006).....	73
Figura 75: fluidez espacial da casa moral. Fonte: (J. ALMODÓVAR 2006).....	74
Figura 76: esquema de organização espacial da casa senhorial de Arequipa. Fonte: centro de pesquisa e projetos da Universidade Católica de Santa María de Arequipa.	74

Figura 77: estrutura de um ambiente do Monastério de Santa Catalina em imagem hipotética do sistema construtivo do século XVII ou proto-hispânico. Fonte: Ríos (2014).....	74
Figura 78: imagens do sistema estrutural de muro duplo de sillar e tetos abobadados. Fonte: Rioz (2014)	75
Figura 79: organigrama de uma casa típica em sillar. Fonte: elaboração do autor	75
Figura 80: repetição da materialidade dos modelos vernáculos por sínteses em Arequipa. (A) Casa popular (B) Casa senhorial (C) Igreja. Fonte: adaptado pelo autor de (BUSTAMANTE 2006)	75
Figura 81: sistema construtivo base para a construção das tipologias (barroco e neoclássico). Fonte: elaboração do autor	76
Figura 82: sistema estrutural de piedra andesita com madeira e abobodas. Fonte: (V. N. BENAVENTE 2015)....	76
Figura 83: fundações e paredes do processo do sistema construtivo, . Fonte: adaptado pelo autor de desenhos de (PALOMINO 2012).....	77
Figura 84: implantação das estruturas habitacionais e agrícolas em Arequipa. Fonte: imagem Google Earth	78
Figura 85: topografia geral de Arequipa. Fonte: es-pe.topographic-map.com	79
Figura 86: crescimento da cidade em áreas limítrofes de maneira informal. Fonte: Diego Ramos Lupo, Revista Frase Corta	79
Figura 87: variáveis socioeconômicas da família em Arequipa. Fonte: Castro et. al. (2013)	80
Figura 88: hierarquia base para a construção das edificações na República. Fonte: elaboração do autor	81
Figura 89: Representação da evolução da Arquitetura Chicha no Peru. Fonte: (TOKESHI 2009)	81
Figura 90: evolução da arquitetura “vernacula moderna”. Fonte: elaboração do autor	82
Figura 91: fachadas das tipologias vernáculos “modernas”. Fonte: google earth	82
Figura 92: evolução da casa que cresce com a família. Fonte: Pezo (2011).....	83
Figura 93: síntese gráfica de características das fachadas de habitações em Arequipa (2016). Fonte: elaboração do autor	83
Figura 94: elementos estruturais da casa “vernacula moderna”. Fonte: Aceros Arequipa	84
Figura 95: materiais de construção da tipologia vernacula moderna. Fonte: elaboração do autor	85
Figura 96: síntese gráfica da evolução da arquitetura vernacula em Arequipa. Fonte: elaboração do autor	90
Figura 97: carta de ventos de Arequipa, dados anuais de frequência, temperatura, umidade relativa e precipitações. Fonte: elaboração do autor com dados de SPQU (Corpac), aeroporto Rodriguez Ballón, 1989-2001, processados em weather tool 2011	95
Figura 98: ventilação do complexo e casa Churajón. Fonte: elaboração do autor	96
Figura 99: esquema de ventilação dos períodos diurno e noturno no complexo de Churajón. Fonte: elaboração do autor	96
Figura 100: ventilação da casa Moral e entorno. Fonte: elaboração do autor	96
Figura 101: distribuição dos coeficientes de pressão de construções ao redor de um grande pátio, obtidos por simulação CFD. Fonte: adaptado pelo autor de Bonneaud (2004)	97
Figura 102: ventilação da casa Moral e entorno. Fonte: elaboração do autor	97
Figura 103: variação da velocidade do vento em função da altura e rugosidade do terreno de acordo com a lei exponencial de Hellmann. Fonte: energiaeolica-walter.blogspot.com.br acesso 01/12/2016.....	98
Figura 104: esquema de iluminação do complexo e casa Churajón. Fonte: elaboração do autor.....	101
Figura 105: esquema de iluminação da casa Moral. Fonte: elaboração do autor	102
Figura 106: esquema de iluminação da casa Moral. Fonte: elaboração do autor	103
Figura 107: dados climáticos de Arequipa. Fonte: elaboração do autor com dados de SPQU (Corpac), aeroporto Rodriguez Ballón, 1989-2001, processados em weather tool 2011.	103
Figura 108: esquema temperatura de saída do ar nas tipologias vernáculos. Fonte: elaboração do autor	106
Figura 109: fachadas das tipologias vernáculos. Fonte: Elaboração do autor.....	109
Figura 110: Materiais predominantes das tipologias vernáculos em Arequipa	111
Figura 111: Desperdiço de sillar e contaminação de águas industriais em Añashuayco. Fonte: nexmidaza.blogspot.com.br. Acesso em 20/05/2016.	115
Figura 110: bloco de sillar 200 x 300 x 550mm. Fonte: UNSA Arequipa,	116
Figura 113: Identificação e qualificação do lugar de Arequipa. Fonte: Elaboração do autor.....	122

Figura 114: Diagrama psicrométrico ASHRAE. Fonte: Dados climáticos de ASHRAE e processado em Ecotect weather tool.	125
Figura 115: Trajetória solar de Arequipa. Fonte: Elaboração do autor - Software SOL-AR 6.2.....	126
Figura 116: insolação do traço urbano 45°. Fonte elaboração do autor.....	127
Figura 117: Esquema de conforto térmico através de materiais. Fonte elaboração do autor.....	127
Figura 118: inspiração da forma. Fonte: elaboração do autor.....	130
Figura 119: Exemplo de possibilidades de expressão construtiva incentivando a ventilação e iluminação natural. Fonte:	130
Figura 120: Largura da parede de sillar em função de sua orientação. Fonte: Elaboração do autor baseado em Almodóvar (2006)	131
Figura 121: Materiais constituintes – fachadas, pisos e coberturas. Fonte elaboração do autor.....	135
Figura 122: Isolamento acústico de ruído aéreo exterior. Fonte: Chile (2009).....	137
Figura 123: estrutura de escada separada da casa e teto falso respectivamente. Fonte: Chile (2009).....	137
Figura 124: Esquemas de disposição de ambientes. Fonte: elaboração do autor	138
Figura 125: Coleta e tratamento de esgoto “La enlozada”. Fonte: forosperu.net.....	156
Figura 126: equipamentos urbanos no distrito de Characato. Fonte: PUT CHARACATO (2013-2018)	157
Figura 127: uso do solo em Characato. Fonte: PUT CHARACATO (2013-2018).....	158
Figura 128: entulho das pedreiras da rocha sillar. Fonte: “ ”	160
Figura 129: exemplificação de reciclagem da rocha sillar. Fonte: elaboração do autor	160
Figura 130: metodologia para a releitura do vernacular. Fonte: elaboração do autor	162
Figura 131: Adequabilidade climática através da análise da arquitetura vernácula. Fonte: elaboração do autor	162
Figura 132: relação das vertentes da sustentabilidade e análise da arquitetura vernácula. Fonte: Elaboração do autor	162

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: normatividade geral para habitação em Arequipa. Fonte: IMPLA (2016).....	37
Quadro 2: cronologia dos terremotos mais destrutivos em Arequipa. Fonte: elaboração do autor baseado em Alayo (2007)	41
Quadro 3: modelo sistemático de Rapoport (2006) de análise da arquitetura vernácula, avaliado e redefinido com o plano de trabalho de RIBA (2013). Fonte: traduzido e adaptado de Day Heidi (2013).....	46
Quadro 4: parâmetros de análise da arquitetura vernácula. Fonte: traduzido pelo autor de Heidi Day (2013) ..	46
Quadro 5: hipótese do período histórico de Arequipa – vernáculo. Fonte: elaboração do autor com base em: ¹ (ASPILCUETA 2013); ² (BERMEJO 1949); ³ (BERNEDO 1949); ⁴ (BUSTINZA 2003); ⁵ (GALDÓS 1987).	50
Quadro 6: hipótese do período histórico de Arequipa - vernáculo por síntese. Fonte: elaboração do autor baseado em (RÍOS 2000) e (PALOMINO 2012)	52
Quadro 7: hipótese do período histórico de Arequipa - vernáculo moderno. Fonte: ¹ (PASTOR 2014), ² (LÓPEZ, RÍOS e MARTÍN 2015)	53
Quadro 8: tipos e características das árvores em Arequipa. Fonte: elaboração do autor baseado em Linares (2008).....	58
Quadro 9: localização das tipologias vernáculas a analisar. Fonte: fotografias do autor, mapa de localização adaptado de plano diretor de Arequipa (2013)	92
Quadro 10: implantação, plantas térreas e cortes das tipologias vernáculas: Churajón, Moral e Chicha. Fonte: elaboração do autor.....	94
Quadro 11: velocidade do vento para alturas próximas ao solo em Arequipa. Fonte: elaboração do autor	98
Quadro 12: velocidade do ar no interior das tipologias vernáculas. Fonte: elaboração do autor	99
Quadro 13: dados para o cálculo de Transmitância térmica (U) dos elementos construtivos. Fonte: elaboração do autor	104
Quadro 14: transmitância térmica (U) dos elementos construtivos em W/(m²K). Fonte: elaboração do autor.....	104
Quadro 15: absorvidade dos elementos vernáculos. Fonte: elaboração do autor baseado em Inmetro (2013)	106
Quadro 16: temperatura sol-ar dos elementos vernáculos. Fonte elaboração do autor	106
Quadro 17: vazão mássica (kg/s) das tipologias vernáculas, conforme o índice de renovação do ar. Fonte: elaboração do autor.....	107
Quadro 18: dados para o cálculo de temperatura de saída. Fonte: elaboração do autor	107
Quadro 19: temperatura sol-ar das casas vernáculas. Fonte: elaboração do autor	107
Quadro 20: isolamento acústico das paredes. Fonte: Brasil, 2013, * elaboração do autor	108
Quadro 21: Isolação sonora das fachadas. Fonte: Elaboração dos autores. *Brasil, 2013.	110
Quadro 22: densidade dos materiais predominantes em Arequipa. Fonte: Almodóvar, 2006. *euroimportadora.com	110
Quadro 23: Materiais locais disponíveis em Arequipa. Fonte: Elaboração do outor baseado em AIRE (2015).....	113
Quadro 24: Comparação do preço do sillar e tijolo em uma parede (m2). Fonte elaboração do autor	117
Quadro 25: número de pisos de habitações de acordo a normativa local. Fonte: elaboração do autor	124
Quadro 26: Matriz relacional adaptada dos parâmetros de arquitetura vernacula e analise bioclimatico en relação aos parametros da metodologia GPAS/PROARQ, 2008. Fonte: Elaboração do autor.	161

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: tipos de habitação da região de Arequipa no ano 2010. Fonte: elaboração do autor, dados INEI (2011)	81
Gráfico 2: materiais predominantes nas paredes exteriores na área urbana da região de Arequipa (média entre os anos 2000 – 2010). Fonte: elaboração do autor, dados INEI (2011)	84
Gráfico 3: materiais predominantes nas pisos na área urbana da região de Arequipa (média entre os anos 2000 – 2010). Fonte: elaboração do autor, dados INEI (2011)	84
Gráfico 4: materiais predominantes do telhado na área urbana da região de Arequipa (média entre os anos 2006 – 2009). Fonte: elaboração do autor, dados INEI (2011)	85
Gráfico 5: radiação solar incidente média mensal diária (kWh/m ²) e iluminância (lux) às 12 h no dia representativo do mês nas fachadas indicadas respectivamente para a casa Churajón. Fonte: elaboração do autor, dados processados em RadLite 2009, modelo de Dogniaux, clima desértico e urbano	100
Gráfico 6: radiação incidente média mensal diária (kWh/m ²) e iluminância (lux) às 12 h no dia representativo do mês nas fachadas indicadas respectivamente para a casa el Moral. Fonte: elaboração do autor, dados processados em RadLite 2009, modelo de Dogniaux, clima desértico e urbano	101
Gráfico 7: radiação incidente média mensal diária (kWh/m ²) e iluminância (lux) às 12 h no dia representativo do mês nas fachadas indicadas respectivamente para a casa Chicha. Fonte: elaboração do autor, dados processados em RadLite 2009, modelo de Dogniaux, clima desértico e urbano	102

INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta uma contribuição sobre a relação entre **Arquitetura vernácula** (análise de modelos, nos períodos pré-hispânico, colonial e republicano), **Habitação social** (problemas urbanos – arquitetônicos males concebidos), e **Sustentabilidade ambiental** (contribuição ao desenvolvimento sustentável do vale), no contexto da cidade de Arequipa.

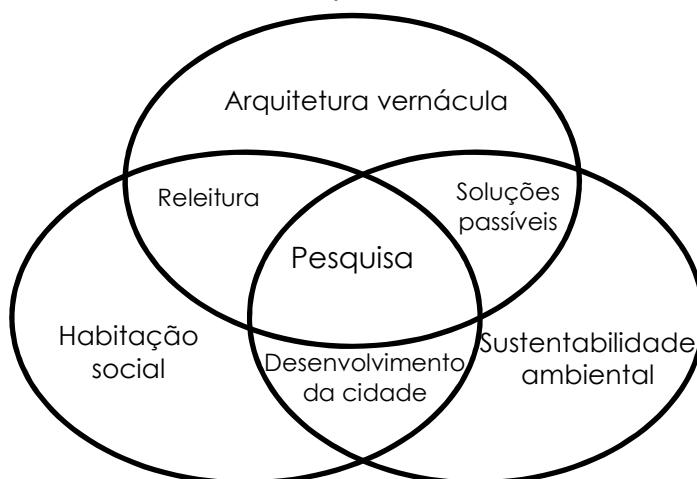


Figura 1: esquema ilustrativo das temáticas abordadas. Fonte: elaboração do autor

Problemática e Justificativa

O plano de desenvolvimento metropolitano de Arequipa 2016-2025 (IMPLA 2016), identificou os seguintes problemas na cidade no âmbito de: Inexistência de regulamento efetivo, déficit no transporte, crescimento urbano desordenado, centralismo, baixa densidade, e baixa qualidade ambiental, as quais se explicam a seguir.

Com respeito ao transporte e viabilidade, existe um déficit de corredores viários e intermodais (ciclovias, calçadas, etc.), assim como aglomeração do transporte público e privado no centro histórico da cidade e proximidades (IMPLA 2016).

Há um crescimento urbano desordenado, pela ocupação ilegal da terra em descanso, áreas agrícolas, assim como áreas não consolidadas, principalmente ao norte e ao sul da cidade; casas em áreas de perigo (vulcânico, deslizamentos e inundações) (IMPLA 2016).

Também, a concentração das principais atividades (administrativas, educação, saúde, etc.) no centro da cidade e áreas próximas (mono central), contribui para uma concentração atividades e uma segregação com distritos “dormitórios” (IMPLA 2016).

Com relação à baixa densidade urbana, Arequipa tem atualmente uma população de 918, 671 habitantes com uma densidade de 1580 hab./km² (IMPLA 2016).

Verifica-se atualmente, uma baixa qualidade ambiental; pois as áreas verdes na cidade são de 3 m²/hab., sendo o ideal 90 m²/hab. de acordo com

a organização mundial da saúde (OMS). Observa-se também um incremento à desertificação da cidade devido a destruição da campina (áreas agrícolas) por invasões informais para a construção, principalmente de uso habitacional. Nos últimos anos a cidade teve uma expansão agressiva sobre as áreas verdes de 592 hectares (IMPLA 2016). Nesse sentido alguns autores afirmam que as áreas verdes são consideradas um indicador na avaliação da qualidade ambiental urbana e proporciona muitos benefícios tanto para o equilíbrio ambiental, assim como para a saúde e bem-estar dos cidadãos, e a falta de arborização, por exemplo, pode trazer desconforto térmico e alterações no microclima, (LIMA e AMORIM 2006) (LONDE e MENDES 2014). As áreas agrícolas, ou seja a campina, assim como os rios, são de vital importância no microclima da cidade, as quais são vulneráveis e colocam em risco o desenvolvimento ambiental de Arequipa. Por outro lado a municipalidade de Arequipa, em estudos realizados indica que se emitem 89 mil 848 toneladas de contaminantes atmosféricos por ano, dos quais 76% são gerados pelo transporte de veículos, 19% pela indústria e 5% pelo comércio. Este estudo foi do ano 2003, mas provavelmente estas cifras não variaram muito.

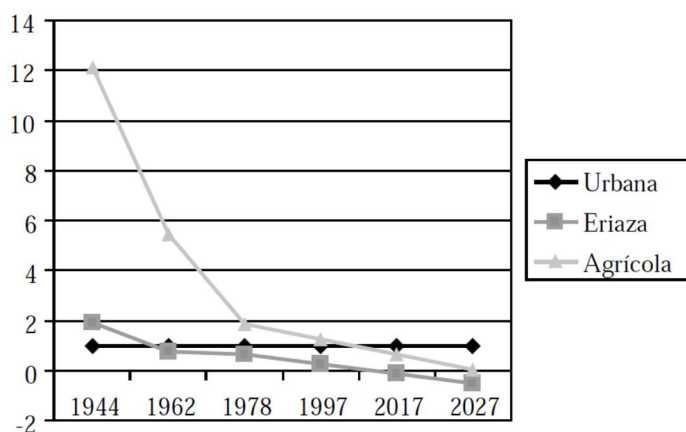


Figura 2: proporção entre a área agrícola / urbana e entre área erieza / urbana. Fonte: Guillén (2008)

Por todos estes problemas, Arequipa é considerada uma das cidades mais contaminadas do Peru, conforme já descrito, principalmente devido à fumaça do parque automotor, ao crescimento urbano desordenado, à depredação da campina numa área desértica. A isto se somam problemas de saneamento, da água, a poluição sonora e inclusive a falta de ventilação (LLANQUE 2003). Por esse motivo não é difícil diagnosticar que o cidadão de Arequipa não está submetido a qualidades necessárias para a saúde e conforto básico. Cabe salientar também que, pouco se fala sobre o descarte de resíduos no ambiente pelo setor da construção civil.

Embora a principal fonte de contaminação seja pelo trânsito motorizado conforme descrito, estes dados não serão considerados neste trabalho como objeto de análise, pois as variáveis seriam demasiadas complexas e sua influência no ambiente pode ser estudada em trabalhos futuros.

Podemos também considerar que grande parte destes problemas em Arequipa revela-se como resultado do déficit de moradias na cidade, nesse sentido mostram-se os problemas relacionados à habitação popular (figura 3).



Figura 3: esquema dos principais problemas da cidade em relação à habitação. Fonte: elaboração do autor

Nesta região é corrente a autoconstrução de habitações (dirigidas por pedreiros e sem apoio profissional), que apresentam cópias e inserções informais de algumas características da arquitetura vernácula, e que se expressa como uma arquitetura híbrida, carregada com antigos símbolos, porém descontextualizados. Esta nova reinterpretação construtiva faz com que sejam perdidos alguns valores da arquitetura vernácula como a sua adequabilidade climática ditada pela implantação, orientação, vinculação ao uso de materiais locais, e características de organização do espaço, etc. (LÓPEZ, RÍOS e MARTÍN 2015).

A problemática da habitação de interesse social envolve muitos campos do conhecimento e políticas que são necessárias para o desenvolvimento de empreendimentos. Além disso, a necessidade de atender aos requisitos de sustentabilidade tem levado a novas questões e desafios a serem enfrentados. Neste complexo panorama têm-se sobressaído projetos arquitetônicos contemporâneos para habitação social com base em releituras do vernacular, face ao seu bom comprometimento com as questões sócio-culturais e ambientais, conforme indica Jiménez (2015).

A sustentabilidade ambiental requer o emprego de materiais, processos e técnicas construtivas em consonância com os preceitos do bioclimatismo. Assim, a arquitetura vernácula, em função de suas características funcionais e de adequação ambiental, reveste-se como um objeto importante de análise.

A arquitetura vernácula revela a história de um povo e suas conquistas ao criar condições adequadas de moradia ao longo do tempo face às condições climáticas, e sócio-culturais. Um olhar consciente para a arquitetura vernácula pode contribuir para se retirar subsídios para alimentar projetos arquitetônicos para a habitação, principalmente quando os futuros

usuários ainda guardam referências autóctones, o que vem reforçar um valor de pertencimento.

Nesta direção, a presente pesquisa se atém à Cidade Peruana de Arequipa, que apresenta peculiaridades únicas em termos geográficos, climático-ambientais e histórico-sociais, e com a história de sua arquitetura vernácula.

Objetivo

Objetivo geral: analisar a arquitetura autóctone do Vale de Arequipa em três tempos históricos (Pré-hispânico, Colonial e Republicano), e verificar possíveis concordâncias com a sustentabilidade ambiental.

Objetivos específicos:

- Definir e desenvolver a evolução da arquitetura vernácula em Arequipa;
- Análise bioclimática de casos da arquitetura vernácula, nos anos 1200, 1750, 1989.
- Estabelecer recomendações, de modo a contribuir para a concepção de projetos arquitetônicos na região, voltados para a habitação popular e orientados para o desenvolvimento sustentável.

Metodologia

O presente trabalho se insere nas discussões sobre a arquitetura vernácula e a sustentabilidade. Inicia-se a contextualização com o marco teórico, segue-se a análise da arquitetura vernácula e o estudo de casos onde se extraem os resultados e considerações que fundamentam as recomendações com base em critérios de sustentabilidade ambiental.

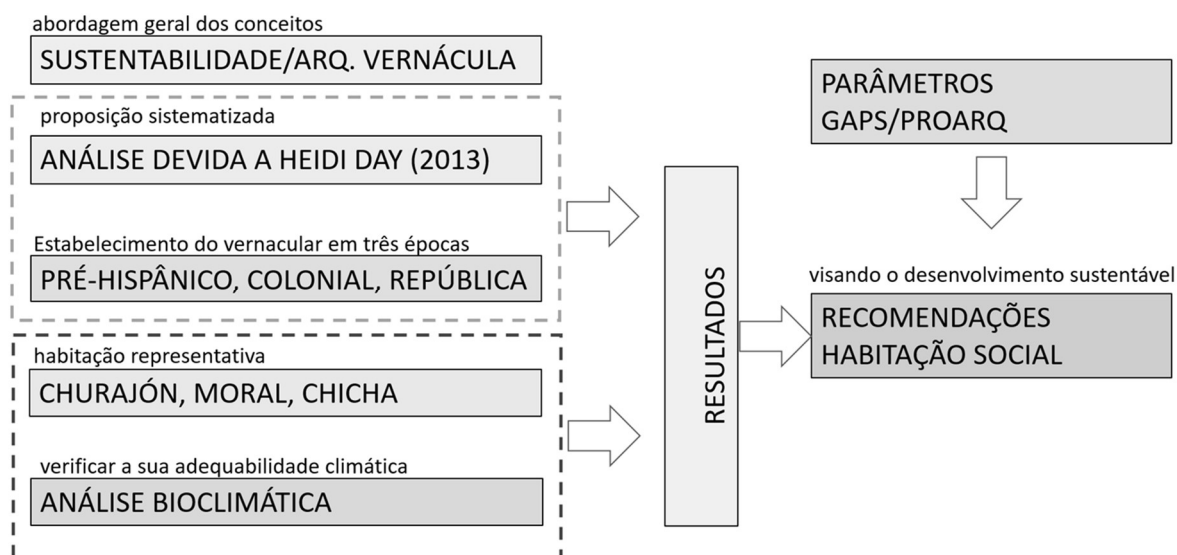


Figura 4: metodologia da pesquisa. Fonte: elaboração do autor

O estudo do marco teórico considera os conceitos de sustentabilidade e habitação social, o entorno geográfico e climático de Arequipa e a arquitetura vernácula em relação à sustentabilidade, baseando-se em

referências bibliográficas. Com base neste estudo identificaram-se as metodologias para o desenvolvimento das demais abordagens.

A arquitetura vernácula segundo o modelo sistêmico de Rapoport (2006) e redefinido por Heidi Day (2013) compreende cinco princípios: relação do lugar e paisagem; elementos culturais; simplicidade da forma; economia do método; e materialidade. Com base nestas informações são identificados e analisados parâmetros bioclimáticos (térmica, ventilação, acústica, visual e matérias locais), para três tipologias arquitetônicas de denominação vernácula em diferentes períodos históricos.

Finalmente são destacados os princípios de sustentabilidade ambiental dos modelos vernáculos que podem ser reinterpretados para o projeto de habitação de interesse social e desenvolvimento sustentável em Arequipa. Como as recomendações, baseadas no procedimento HQE e no Método ADDENDA-GPAS/PROARQ, (uma metodologia de auxílio para selecionar projetos e integrar os princípios de sustentabilidade à arquitetura).

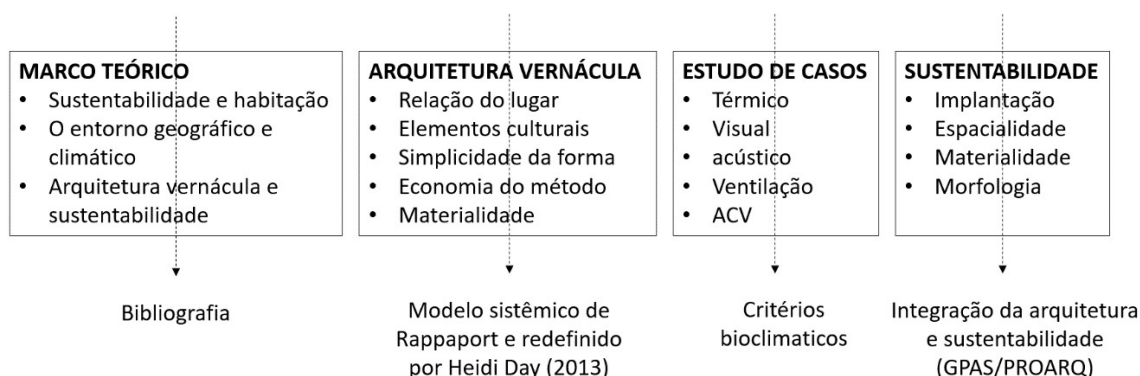


Figura 5: metodologia das temáticas abordadas. Fonte: elaboração do autor

Estrutura

Este trabalho encontra-se estruturado em quatro capítulos.

O capítulo 1, compreende o desenvolvimento do embasamento teórico e é constituído de três partes. A primeira é no âmbito da sustentabilidade, onde são tratados alguns conceitos, assim como sua relação com a habitação social, o conforto ambiental, eficiência energética, e os materiais construtivos. A segunda parte trata do entorno geográfico e climático de Arequipa, especificando sua localização, dados climáticos, e movimentos sísmicos. A última parte trata da relação entre arquitetura vernácula e a sustentabilidade, revendo alguns conceitos e descrevendo algumas metodologias de análise.

O capítulo 2 enfoca a evolução da arquitetura vernácula em Arequipa. Definem-se os períodos vernáculos de interesse: arquitetura vernácula – Pré-hispânica; arquitetura vernácula por síntese – colonial e início da república; arquitetura vernácula “moderna” – república.

Todos estes três modelos vernáculos são estudados como base no modelo sistêmico de Rapoport (2006) e redefinido por Heidi Day (2013), a qual propõe: relação do lugar e paisagem, elementos culturais, simplicidade da

forma, economia do método, e materialidade. Finaliza-se com considerações ou lições aprendidas da arquitetura vernácula analisada.

O capítulo 3 apresenta os estudos das casas Churajón; Moral e Chicha, sob os critérios de análise biolimática, térmica, visual, acústico, ventilação e análise de materiais. São apresentadas considerações ou lições retiradas destas tipologias analisadas.

O capítulo 4 apresenta os resultados da avaliação, e em termos conclusivos as recomendações para o projeto de habitação social, sob critérios de sustentabilidade ambiental. São discutidas soluções passíveis para o design arquitetônico, através do método de auxílio para selecionar projetos, desenvolvido pelo PROARQ/UFRJ, as quais compreendem; implantação, morfologia, materialidade e espacialidade.

CAPÍTULO 1- EMBASAMENTO TEÓRICO

Apresentam-se, inicialmente alguns conceitos de sustentabilidade, assim como uma metodologia multicritério para o desenvolvimento da arquitetura. Seguidamente procura-se identificar alguns critérios sustentáveis, conforto ambiental e eficiência energética, relacionados à habitação de interesse social. Procura-se estabelecer a relação de materiais e sustentabilidade, pois pretende-se analisar a pedra vulcânica *sillar*. Finalmente é realizada uma avaliação da habitação social em Arequipa em relação a teoria descrita.

1.1 SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO SOCIAL

1.1.1 Sustentabilidade e Arquitetura: revisando alguns conceitos

O desenvolvimento sustentável é apresentado com a definição básica de: "Satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer suas próprias necessidades" (ONU, Comissão Brundtland, 1987). O conhecido tripé sustentável considera as vertentes; ambiental, econômica, e social.

No entanto, decorrido vários anos tem sido constatado uma evolução deste conceito face às dificuldades relacionadas com sua devida interpretação em termos de tempo, escala, domínio e incertezas sociais.

A sustentabilidade requer, quando de sua aplicabilidade, que haja conformidade com os conhecimentos disponíveis em um dado momento, e a nível local e específico. Mas, também requer um processo de avaliação continuado em vários níveis de escala, através do emprego de indicadores.

Os domínios principais de ação da sustentabilidade são: ambiental, social, econômico, cultural, tecnológico e político; portanto, esta se apresenta sob um enfoque pluralista, com seus múltiplos agentes, como consequência esta é a única maneira de criar uma visão comum do desenvolvimento sustentável. (BERARDI 2013).

O conceito de sustentabilidade tem sido também estendido por diversos autores, por exemplo, Seghezzo (2009) enfatiza cinco dimensões: (i) o **Lugar**, que contém as 3 dimensões do espaço, como a arquitetura local, com identidade (vernáculo);(ii) **Permanência**, a quarta dimensão do tempo, equidade, o ideal, planificação e consideração do futuro;(iii) **Persona**, quinta dimensão humana, psicossocial, psicológico, o real (figura 6).

Em relação à Arquitetura, (GUY e FARMER 2011) apresentam modelos tipológicos referenciais seguidos por diversos arquitetos para expressar o conceito de sustentabilidade em suas obras. Consideram para tanto, seis lógicas: Eco-técnica (a tecnologia como solução); Ecocêntrica (redução da pegada ecológica); Eco-estética (inspiração na natureza); Eco-cultural (conceitos de lugar, cultura, vernáculo); Eco-médica, (salubridade, meios naturais); Eco-social (prédios flexíveis e participativos, democratização).

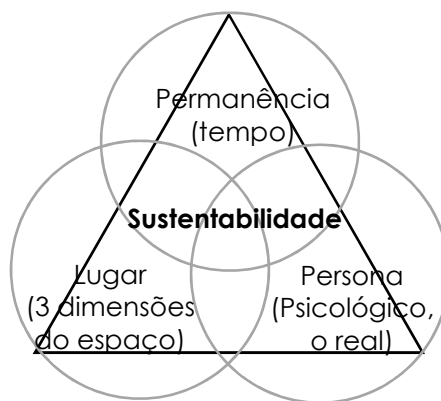


Figura 6: as cinco dimensões da sustentabilidade. Fonte: adaptado de (SEGHEZZO 2009)

Quanto à busca de uma construção sustentável, fundamenta-se numa série de indicadores, conforme visto, e muitas vezes as ferramentas não englobam todos os aspectos referidos à sustentabilidade, pois são relações complexas (CALVANTE 2011). Além da complexidade em incorporar os princípios de sustentabilidade ambiental no projeto de arquitetura, pelas relações existentes entre os alvos ambientais, a decisão sobre determinados aspectos influenciam em outros, às vezes prejudicando o desempenho das outras variáveis, por isso é importante o equilíbrio das decisões (ZAMBRANO 2008).

Revela-se assim, a necessidade indicada por diversos autores quanto à realização de edificações sustentáveis, o que requer a aplicação de estratégias de ação, e de metodologias de auxílio ao projeto para uma alta qualidade ambiental. Faz-se necessário implantar o conceito de projeto integrado, onde se somam conhecimentos técnicos e simulações de desempenho, implantação da forma, volume, relações, cheios e vazios, transparências, matérias, aberturas. A aplicação dos princípios de sustentabilidade ambiental ao espaço construído deve seguir métodos e abordagens integradas e multidisciplinares, através de uma análise multicritério (FONTENELLE e BASTOS 2014).

O grupo de pesquisa Projeto, Arquitetura e Sustentabilidade (GPAS – PROARQ), desenvolveu uma metodologia de apoio à decisão, baseada nos princípios de sustentabilidade ambiental, com base nos conceitos da arquitetura bioclimática, os procedimentos indicados pelo processo HQE® (Haute Qualité Environnementale) e o método sugerido pelo escritório ADDENDA® (BARROSO-KRAUSE et al., 2012) (Figura 7).

FOCO	CRUZAMENTO SOLUÇÕES PROJETUAIS REQUISITOS ECOEFICIENCIA TERMO DE REFERENCIA - SEDE NUTRE	RELAÇÃO HARMONIOSA DA EDIFICAÇÃO COM O ENTORNO IMEDIATO	ORGANIZAÇÃO TOPOLÓGICA E FUNCIONAL	ESCOLHA INTEGRADA DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS	GESTÃO DA ENERGIA	GESTÃO DA ÁGUA	GESTÃO DE REJEITOS	REPARO E MANUTENÇÃO	CONFORTO HIGROTÉRMICO	CONFORTO ACÚSTICO	CONFORTO VISUAL	CONFORTO ERGONÔMICO	CONDIÇÕES DE SALUBRIDADE, QUALIDADE DE AR E CONFORTO OLFATIVO	SISTEMAS COMPLEMENTARES	PAISAGISMO ÁREA EXTERNA
IMPLANTAÇÃO	identificação e qualificação dos acessos e circulação														
	tratamento do terreno nos limites														
	adequação ao entorno climático														
	Relação com entorno construído existente/legislado														
	gestão de recursos														
MORFOLOGIA	fator de forma (desempenho)														
	escala dos(s) volume(s) projetados														
	relação com o solo: pilotis, térreo, com sub solo														
	aberturas luz: localização, disposição, proporção, proteção														
	aberturas vento: localização, disposição, proporção, desempenho da tipologia														
MATERIALIDADE	sistema estrutural														
	materiais constituintes - fachadas														
	materiais constituintes - piso interno														
	materiais constituintes - cobertura														
	sistemas construtivos de vedações internas														
	possibilidade de uso da mão-de-obra local														
ESPACIALIDADE	distribuição dos espaços de trabalho e de convivência														
	qualificação dos espaços de transição														
	espaços de apoio (guarita, banheiro, depósito, garagem, lixo, etc..)														
	definição de climatização e iluminação natural, artificial, mista														

Figura 7: matriz das disciplinas de eco-eficiência com os elementos de concepção arquitetônica. Fonte: adaptado pelo autor de BARROSO-KRAUSE et al., 2012

1.1.2 Habitação de interesse social e desenvolvimento sustentável

A habitação tem se tornado um assunto de importância na maioria dos governos, por ser um problema nas cidades contemporâneas. A habitação social não deve ser mais um conjunto de blocos repetitivos, as novas propostas devem considerar principalmente a eficiência energética, conforto ambiental e critérios com a sustentabilidade, etc., em seus projetos, embora o objetivo principal frequentemente seja; oferecer casas de baixo custo.

A tendência populacional na América Latina nos próximos anos ainda é de crescimento, o que acarreta em muitas cidades o avanço das áreas urbanas sobre o entorno rural. As cidades precisam proporcionar as qualidades de equidade, inclusão, justiça socioambiental e bem-estar. Além disso, quanto mais as cidades crescem e se desenvolvem, maiores são os impactos ambientais daí decorrentes. Esse é o dilema dos países em crescimento urbano. Há muitas questões a tratar: de nada serve falar de cidades sustentáveis sem falar também da matriz de mobilidade. Outro problema é do saneamento ambiental (abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem e destinação dos resíduos sólidos). (BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE 2015).

Além disso, devem ser levadas em conta as interconexões de um edifício com a infraestrutura circundante (transporte público, lugares de trabalho, edifícios públicos), pois são cada vez mais reconhecidas como pontos necessários para uma construção sustentável segundo Berardi (2013).

A maioria dos países da América Latina apresenta um desenvolvimento com múltiplas desigualdades, no âmbito da necessidade de responder ao crescimento econômico e às demandas da população. É corrente a opção de produzir massivamente prédios, esquecendo de construir cidades, e enfrentam como consequência, problemas urbanos que são também ambientais.

Quanto à qualidade da habitação de interesse social, esta se apresenta ligada às condições oferecidas pelo espaço público, de um bairro e de uma cidade que ofereça bem-estar a seus habitantes (CHILE. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. MINVU. CNE 2009).

Na produção da habitação social dos países em desenvolvimento ainda predominam velhos paradigmas focados em custo de produção. Resíduos de construção e demolição são gerados ao longo de toda vida útil dos edifícios em todos os locais da cidade. Uma estratégia útil seria aumentar a vida útil das construções (reduzir demanda de materiais). Os novos edifícios precisam ser mais flexíveis, para futuras reformas e ampliações. Construções desmontáveis e reutilizáveis. A toxicidade nos materiais de construção também é um problema (tintas, adesivos, asfaltos e outros produtos plásticos). Muitos materiais, quando expostos à água, liberam substâncias químicas perigosas. A produção de materiais como cimento, aço e cerâmica, constitui uma parcela importante do consumo de energia e emissões de CO₂. Já foi demonstrado que arborização e aumento da refletância solar das superfícies

têm enorme potencial para o resfriamento do Planeta. (BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE 2015).

A localização das unidades habitacionais no âmbito de grupamentos da mesma especificidade para fora da malha urbana de modo a reduzir custos da terra é uma opção quase universal. Nos conjuntos habitacionais, o desempenho acústico é pouco tratado e há carência de áreas verdes. Aspectos como a orientação e o desempenho térmico continuam a ser ignorados em muitos casos até no planejamento das cidades (BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE 2015). Portanto a vegetação / arborização é tão importante.

Nas edificações de interesse social, os materiais, arquitetura, dispositivos arquitetônicos e processos construtivos devem estar em consonância com as premissas de qualidade ambiental, conforto e salubridade, e com uma menor demanda energética (BRASIL, Eficiência energética em habitações de interesse social 2005).

O escritório de arquitetos ELEMENTAL, liderado por Alejandro Aravena, ganhador do último prêmio Pritzker em arquitetura, referindo-se às questões sociais em arquitetura, identificou cinco condições de design para a habitação em diversas cidades do Chile (figura 8): (1) Boa localização; projetos suficientemente densos para poder pagar o terreno caro e bem localizado. (2) Crescimento Harmônico no tempo; Construir estrategicamente a metade do prédio (o básico), de maneira a conseguir uma personalização do lugar, com a expansão individualista. (3) Design urbano; introduzir entre o espaço privado e público o espaço coletivo (com passeios e vias por arborização). (4) Deixar pronta a estrutura para o estado final do crescimento. (5) DNA da classe média (costumes): dimensões de ambientes confortáveis e possibilidade de estacionamento. (ELEMENTAL 2016).



Figura 8: habitação social “Renca” no Chile. Fonte: Elemental (2008)

Da literatura revisada podemos identificar alguns critérios relacionados com desenvolvimento sustentável para a habitação de interesse social, considerando a viabilidade de custo da construção, adequada localização em relação aos equipamentos urbanos e transporte, espaço público que garanta o bem-estar dos usuários, materiais e sistemas construtivos em consonância com a qualidade ambiental, flexibilidade para possíveis ampliações, saneamento ambiental, além de garantir a eficiência energética e conforto ambiental do edifício.

1.1.3 Conforto ambiental e eficiência energética, na habitação

Desde a crise do petróleo de 1973 até o atual fenômeno do aquecimento global do planeta, o mundo tomou consciência sobre o uso eficiente da energia nos edifícios. Neste contexto deve ser considerada a edificação como um sistema que mostre efetividade em proporcionar conforto ambiental. Este definido no interior de um ambiente com base nas condições aceitáveis do entorno. A ausência de conforto implica uma sensação de incômodo por frio, calor, ofuscamento, excesso de ruído, odores desagradáveis, falta de iluminação, etc. Assim, o propósito de alcançar conforto, tornou-se importante ao considerar critérios de uso eficiente de energia (CHILE. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. MINVU. CNE 2009).

A eficiência energética no âmbito de uma habitação, é a procura de alcançar o binômio: necessidade do usuário – oferta de qualidade. Significa conhecer a rotina do usuário e a região, além de utilizar conceitos bioclimáticos e tecnologias disponíveis, como também as especificidades culturais locais que fornecem os materiais e sistemas construtivos, com sustentabilidade de manutenção e permitindo futuras ampliações (BRASIL, Eficiência energética em habitações de interesse social 2005).

O conforto ambiental compreende um conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano sentir bem estar térmico, visual, acústico, antropométrico, além de garantir a qualidade de ar e o conforto olfativo. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA 2012)

O Conforto Higrotérmico é constituído de uma série de variáveis ambientais (figura 9) onde o corpo humano interatua, pode receber ou transferir calor a seu entorno, o equilíbrio térmico do corpo humano é um balance dinâmico entre o calor produzido por este e o intercâmbio de calor com o ambiente através de convecção (Cv), condução (Cd), radiação (r), evaporação sem suor (Hp) e por vias respiratórias (Hv) (CHILE. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. MINVU. CNE 2009).

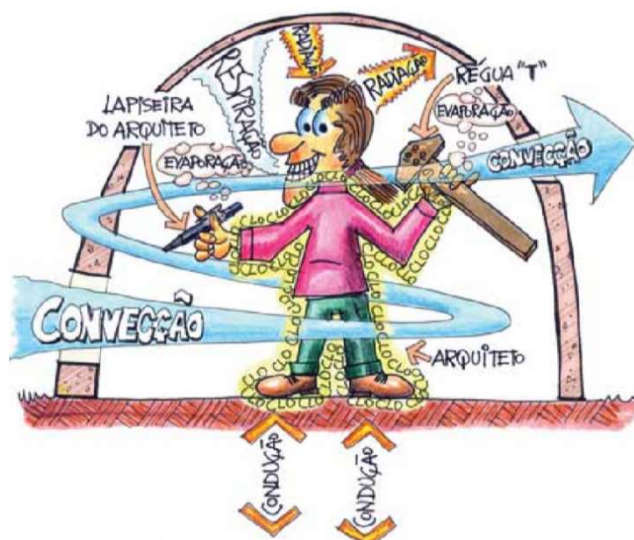


Figura 9: trocas térmicas no ser humano. Fonte: Lamberts et al , 2012

O Conforto visual é importante na iluminação em um edifício, deve ter direcionamento adequado e intensidade suficiente (figura 10), assim como ausência de ofuscamento, bom padrão e direção de sombras, contrastes adequados (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA 2012), através da escolha de matérias de revestimento, aberturas, entorno, etc.

Classificação	Nível de iluminação a ser obtido	Tarefa
BAIXA	100 a 200 lux	• Circulação • Reconhecimento facial • Leitura casual • Armazenamento • Refeição • Terminais de vídeo
MÉDIA	300 a 500 lux	• Leitura/escrita de documentos com alto contraste • Participação de conferências
ALTA	500 a 1000 lux	• Leitura/escrita de documentos com fontes pequenas e baixo contraste • Desenho técnico

Figura 10: nível de iluminação necessária em ambientes. Fonte: Lamberts et al, 2012

O conforto acústico é alcançado quando o nível de ruído não afeta o desenvolvimento normal das atividades de uma pessoa (descanso, comunicação, etc.). O ouvido humano pode escutar com clareza um som com 10dB ou mais, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS). Em habitações como dormitórios e salas de estar, não deve superar 40dB no dia e 30dB à noite. Os problemas acústicos nas habitações (figura 11) são por ruídos aéreos do interior e exterior, ruídos de impacto em muros, e pisos e ruídos por vibrações de aparelhos (CHILE. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. MINVU. CNE 2009)

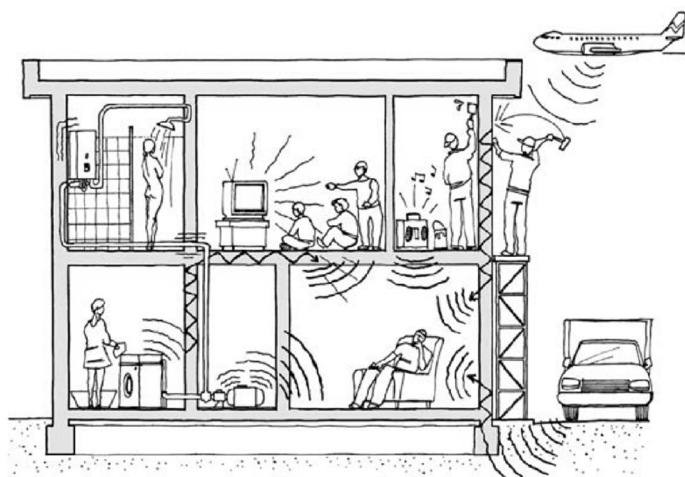


Figura 11: problemas acústicos na habitação. Fonte: (CHILE. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. MINVU. CNE 2009)

A qualidade do ar interior na habitação deve ser renovado de forma permanente, para evitar odor desagradáveis e riscos de contaminação por partículas, germens, gás carbônico, etc., e também está relacionado com o uso racional das energias pois a renovação do ar as vezes implica o uso de algum sistema mecânico (CHILE. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. MINVU. CNE 2009).

Algumas estratégias arquitetônicas, na construção de edificações adequadas ao clima local, podem ser extraídas observando a arquitetura vernacular. No Brasil por exemplo em função da situação climática local foram estabelecidas algumas estratégias: ventilação permanente e controlada, resfriamento evaporativo e ativo, massa térmica para resfriamento e aquecimento, umidificação, aquecimento solar passivo, calefação, iluminação natural e sombreamento (BRASIL, Eficiência energética em habitações de interesse social 2005).

Portanto o conforto ambiental em Arquitetura está diretamente relacionado com a operação do edifício e é uma estratégia para eficiência energética, dentro da arquitetura bioclimática que é um requisito dentro de uma proposta sustentável.

1.1.4 Materiais e sustentabilidade

A construção civil contribui ao impacto ambiental, como por exemplo, na produção e uso de materiais de construção, principalmente os de origem industrial, a qual tem múltiplas vantagens e desvantagens (econômicas, tecnológicas, ambientais), mas nesse processo, contamina (água, solo, etc.) e depreda os recursos naturais (areia, rochas, madeiras, etc.), assim como tem um grande consumo energético. Em alguns casos deixam resíduos que não podem ser reutilizáveis ou difíceis de decompor, assim como materiais que geram poluição (asbesto, pó, etc.) no ambiente construído, contribuindo ao desconforto do usuário. Nesse sentido os profissionais envolvidos podem contribuir com uma escolha consciente dos materiais, assim como inovar possíveis soluções para diminuir o impacto ambiental, com ajuda das novas tecnologias.

Os materiais de construção autóctones e com identidade cultural utilizados em habitações vernáculas, mostram-se muitas vezes mais favoráveis ao conforto e consonância com os princípios de sustentabilidade ambiental. (MAMANI, BASTOS e SILVOSO 2016).

Para determinar a relação de materiais construtivos e sustentabilidade, é preciso ter em consideração os critérios sustentáveis, no âmbito social, cultural, econômico, tecnológico, etc. (figura 12), e nesse sentido os profissionais envolvidos devem escolher e utilizar, conscientemente os materiais, mantendo um equilíbrio na análise multicritério, não só visando à funcionalidade como também à eficácia e estética. Portanto, esta é uma etapa importante da arquitetura para a sustentabilidade.

O consumo de materiais pode ser classificado em três grupos: concepção, etapa de criação, quando se projeta uma edificação, não há o consumo efetivo do material, mas sim a influência na quantidade e no tipo de material; produção, principal causa dos problemas ambientais, destaca-se a análise do ciclo de vida, como auxílio a gestão do consumo de materiais; utilização, vida útil do produto, a manutenção, recuperação, troca e estética. Nas últimas duas etapas ocorrem perdas, e determinam o consumo real de material. Estes se podem classificar em: furto, entulho (lixo que sai da obra), e incorporada (o que fica na obra). (CALVANTE, 2010).

Quanto aos critérios para a escolha consciente dos materiais é importante analisar o impacto social; um material fabricado a partir de uma base ilegal e sem cuidado com a saúde do funcionário e usuário, não pode ser considerado como sustentável. No impacto ambiental, destaca-se o uso de recursos naturais e renováveis, com potencial de reaproveitamento, tendo em consideração os consumos energéticos e hídricos (na produção), assim como a geração de resíduos e emissões(asbestos). Outros critérios determinantes referem-se ao desempenho físico e químico. Dentre estes a resistência mecânica e as propriedades térmicas, etc., de acordo com as necessidades do projeto. O conforto térmico/acústico também deve ser assumido como critério de seleção. A estética, sobretudo em acabamentos, pois se relaciona com a percepção de bem estar do usuário. A confiança, e a familiaridade com o produto são também destacáveis. O problema com isto é que geralmente não consideram as inovações técnicas e tecnológicas. Mas o domínio faz com que os profissionais usem estes materiais motivados pela tendência do mercado, a facilidade na obtenção do produto e preferência aos produtos industrializados. Os custos monetários merecem destaque (valor de aquisição, armazenamento e instalação do produto). (CALVANTE, 2010).



Figura 12: critérios para uma escolha e consumo consciente dos materiais construtivos (Concepção – Produção – Utilização). Fonte: elaboração do autor

1.1.5 Habitação social em Arequipa

Em 1957 com a intervenção do arquiteto John F. C. Turner, fundaram-se algumas urbanizações populares em Arequipa. Tendo em consideração a implantação com respeito à iluminação (figura 13), mas o maior aporte desta intervenção foi a participação da comunidade na construção dos modelos propostos.

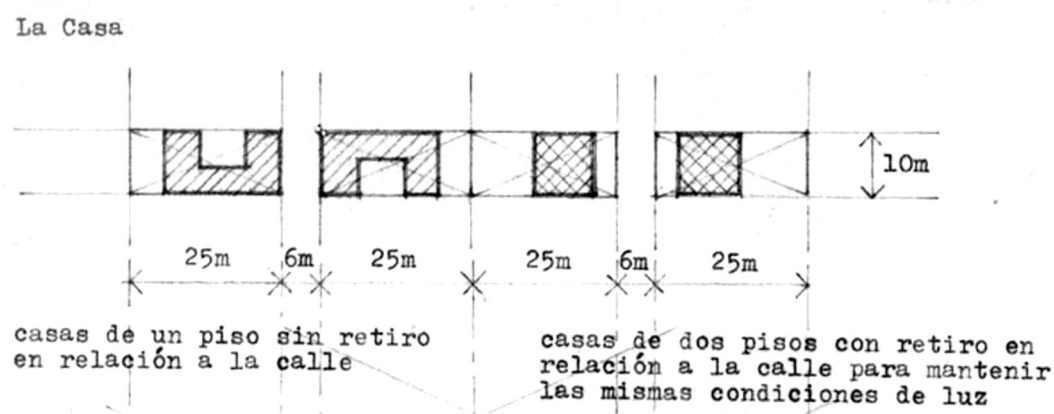


Figura 13: habitações populares em Arequipa (1957). Fonte: Turner (1977)

Propôs-se uma tipologia com teto abobadado, para contribuir ao desempenho estrutural, mas não funcionou pois era costume dos usuários, utilizar o teto como espaço útil para realizar diversas atividades, além de não possibilitar a ampliação de um segundo andar (figura 14).

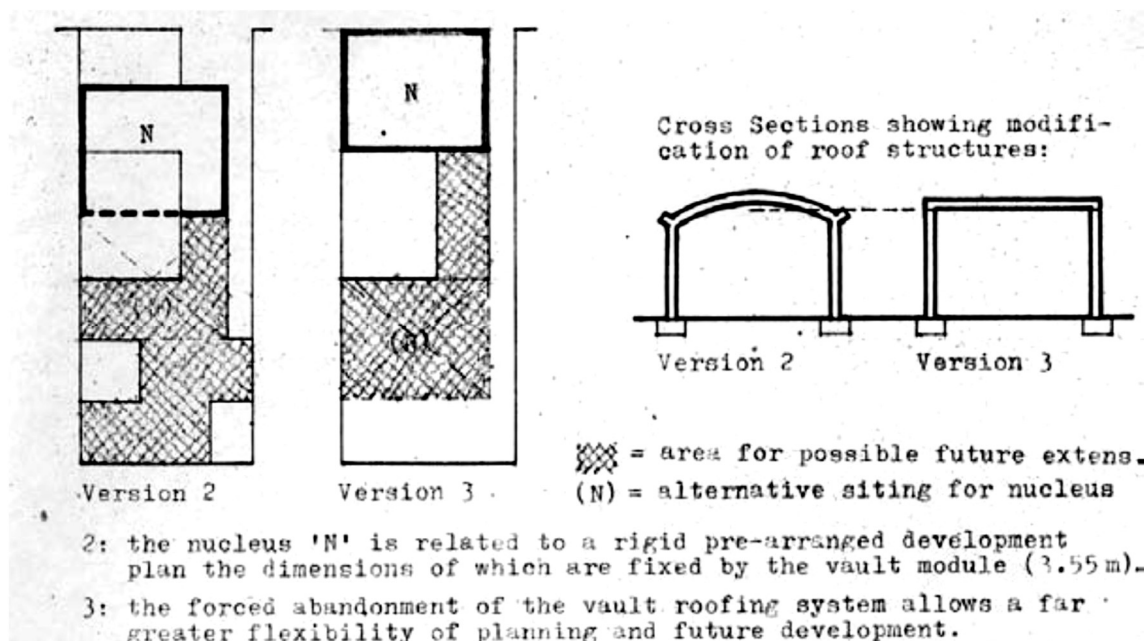


Figura 14: tipologias habitações populares em Arequipa (1957). Fonte: Turner (1977)

Turner (1977), observou que no Distrito de Miraflores (Arequipa), como parte da reconstrução da cidade depois do terremoto de 1958, a população construiu diversos prédios: uma associação de moradores, uma escola, serviços de energia elétrica e construíram suas casas com a rocha vulcânica sillar (material local). Portanto, o valor da habitação não é dado só pelo material, se não também, pelo que produz o usuário.

Em defesa da autoconstrução Turner(1977) considera que quando os usuários controlam as decisões mais importantes e são livres para aportar sua própria contribuição ao design, construção e administração de sua moradia, ambos processos e meio ambiente produzidos, estimulam o bem-estar individual e social. Assim que as respostas criativas das pessoas no processo informal de alojamento deveriam ser vistas como parte da solução e não como o grande problema urbano como tantos o classificam. (Turner, 1977).

Segundo Galfetti (1997) a flexibilidade inicial permite um planejamento participativo, tanto do usuário quanto do incorporador, ou até mesmo ambos, na elaboração da formação e transformação tipológica da unidade habitacional.

Nas décadas de 1980 e 1990 construíram-se importantes complexos habitacionais (figuras 15 e 16), a maioria das casas urbanas era de 1 a 2 andares, nas últimas décadas e atualmente estão se construindo apartamentos de 4 andares, e alguns projetos de até 15 andares (figura 17).



Figura 15: conjunto habitacional Nicolas de Pierola. Fonte: google earth, skyscrapercity.com

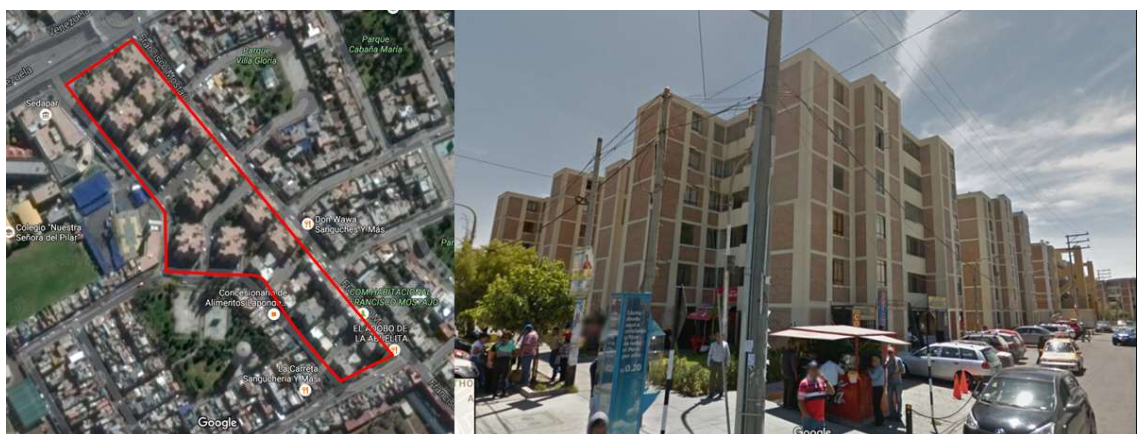


Figura 16: conjunto habitacional Francisco Mostajo. Fonte: google earth

Atualmente o Peru não é exceção entre os países latino-americanos, enquanto a concepção da habitação de interesse social estiver focada somente no tema econômico, deixando de lado as outras dimensões da sustentabilidade (social e ambiental, etc.), e gerando uma arquitetura sem condições adequadas de conforto.

Estima-se que 70 % das casas se produzem informalmente, o que implica a ocupação não formal do espaço urbano, a edificação sem assistência profissional, e a utilização de materiais de má qualidade (IEC 2015).

O programa social encarregado da habitação é “Mi Vivienda” que promove o acesso de casas às famílias de baixa renda, com créditos financeiros. As construções destes complexos habitacionais são designadas às imobiliárias privadas.

A maioria destas imobiliárias constroí simples módulos habitacionais que se repetem sem considerar a implantação, orientação, etc., usando materiais de má qualidade para reduzir os custos da edificação e localizados na periferia da cidade em razão do custo do terreno.

De acordo com o programa nacional local “Fondo mi Vivienda” (FVM), atualmente Arequipa tem um déficit de 86.817 habitações, gerando problemas como a informalidade que existe atualmente no tráfico de terrenos, onde grupos de pessoas se reúnem para invadir propriedades estatais ou privadas como resposta à má planificação da expansão urbana da cidade.

O crescimento horizontal da cidade faz com que haja a degradação crescente da campina, além da mobilidade muito mais complexa.

“El mirador de la Alameda” em Miraflores (figura 17), próximo ao centro da cidade, é um projeto privado da empresa Altozano, a qual afirma que atualmente é o maior projeto referente às habitações, com edifícios de até quinze andares, para usuários da classe socioeconômica média e baixa, com apartamentos de 74,00 m² a 80,00 m² de três dormitórios, com um custo entre US\$ 48000 a US\$ 51428.



Figura 17: conjunto habitacional “El mirador de la Alameda”. Fonte: google earth

Outros complexos habitacionais em parceria com o programa “Mi Vivienda” são: “Condominio Valle Blanco” (Cerro Colorado), Las Torres De Miraflores, Villa Norte (Cerro Colorado), Quinta Los Cipreces (Cayma), Los Álamos De Cayma-Dean Valdia, com apartamentos de 50,00m² - 110,00 m² de 1 e 3 dormitórios, com um custo entre US\$22962 a US\$98556. (MIVIVIENDA 2016)

Não existe uma normatividade nem recomendações, específicas para as habitações de interesse social.

As normas técnicas relacionadas à habitação referem-se ao Regulamento Nacional de Edificações (RNE), e indica, de forma geral as especificações do projeto. Em 2004 promulgou-se a Norma Técnica EM 110 de Acondicionamento Térmico e Luminoso com eficiência energética para edificações em geral. Não sendo obrigatória, mas sim recomendada. O programa “Mi vivienda” financia até 4% do valor creditício para casas que cumpram os critérios de vivienda sustentável (economizar água e energia, análise bioclimática, manejo de resíduos sólidos, e educação ambiental).

Nos estudos realizados pelo Centro de Conservação de Energia do Meio Ambiente (CENERGIA) identificou-se que na tipologia de habitação, as principais fontes de consumo de energia são a iluminação e os eletrodomésticos, consumindo em média 38 kWh/m² ao ano por casa. O estudo preliminar recomenda a utilização da ventilação natural no caso de Arequipa, a qual geraria uma economia energética de 22%. Com o fim de cobrir os 50 % da demanda de água quente nos lares, as instalações de coletores solares de água quente é uma opção viável, porque proporcionaria uma economia energética de 20% (CAPECO 2015)

Respeito à Normativa sobre habitação somente são considerados dados técnicos, como porcentagem de área livre, coeficiente de edificação, densidade, etc. (quadro 1).

CUADRO RESUMEN ZONIFICACIÓN RESIDENCIAL								
ZONIFICACIÓN	USOS	DENSIDAD NETA	LOTE MÍNIMO	FRENTE MÍNIMO	ALTURA DE EDIFICACIÓN	ÁREA LIBRE**	COEFICIENTE DE EDIFICACIÓN	ESPACIOS DE ESTACIONAMIENTO
RESIDENCIAL DENSIDAD BAJA RBD	UNIFAMILIAR	HASTA 165 HAB/HA	300.00 m2	12.00 ml	2 PISOS	40%	1.20	1 c/viv
RESIDENCIAL DENSIDAD MEDIA RDM-1	UNIFAMILIAR	DE 166 A 900 HAB/HA	90.00 m2	8.00 ml	3 PISOS	30%	2.10	1 c/viv
	MULTIFAMILIAR	DE 166 A 1300 HAB/HA	150.00 m2	8.00 ml	4 PISOS	35%	2.80	1 c/2 viv
RESIDENCIAL DENSIDAD MEDIA RDM-2	MULTIFAMILIAR	DE 901 A 1400 HAB/HA	150.00 m2	8.00 ml	5 PISOS	35%	3.50	1 c/2 viv
	MULTIFAMILIAR (*)	DE 901 A 1400 HAB/HA	180.00 m2	8.00 ml	6 PISOS	40%	4.20	1 c/2 viv
RESIDENCIAL DENSIDAD ALTA RDA-1	MULTIFAMILIAR	DE 1401 A 2250 HAB/HA	240.00 m2	15.00 ml	6 PISOS	45%	4.20	1 c/2 viv
					1.5 (a+r)	45% + 5% por c/piso adicional***		
	MULTIFAMILIAR (*)	DE 1401 A 2250 HAB/HA	300.00 m2	15.00 ml	7 PISOS	50%	3.50	1 c/2 viv
RESIDENCIAL DENSIDAD ALTA RDA-2	MULTIFAMILIAR	DE 2251 A 2800 HAB/HA	600.00 m2	15.00 ml	10 PISOS	55%	6.00	1 c/2 viv
					1.5 (a+r)	55% + 5% por c/piso adicional***		
	CONJUNTO RESIDENCIAL	DE 2251 A 2800 HAB/HA	1000.00 m2	s. d.	12 PISOS	60%	6.0	1 c/2 viv
					1.5 (a+r)	60% + 5% por c/piso adicional***		
VIVIENDA TALLER IIR	UNIFAMILIAR	HASTA 900 HAB/HA	150.00 m2	8.00 ml	4 PISOS	30%	2.80	1 c/3 viv

Quadro 1: normatividade geral para habitação em Arequipa. Fonte: IMPLA (2016)

1.2 O ENTORNO GEOGRÁFICO E CLIMÁTICO DE AREQUIPA

1.2.1. Localização geográfica

Arequipa (latitude 16°24'10" S; longitude 72°32'10" W de Greenwich; e altitude de 2.329 m.s.n.m) encontra-se entre a Cordilheira dos Andes e o Deserto de Atacama (figura 18), este um dos mais áridos do mundo, portanto é uma área muito árida e seca. A região tornou-se habitável por antepassados, provenientes dos Andes que trabalharam nas margens dos rios da cidade, criando terraços de cultivo (denominadas *andenerias*) e tecnologia hidráulica, o que permitiu o desenvolvimento de áreas rurais e posteriormente com a chegada dos espanhóis, a fundação da cidade, (explicado com mais profundidade no Capítulo 2).

Arequipa encontra-se rodeada de montanhas e três vulcões (Misti, Chachani e Pichu pichu), além de ser uma área de risco sísmico (figura 19). Em decorrência de antiquíssimas erupções vulcânicas houve o derrame e formação de uma rocha vulcânica denominada *Sillar* que se caracteriza por sua cor branca. Na época da colônia todos os edifícios arquitetônicos se construíram com este material por isso Arequipa é denominada de “Cidade Branca”.



Figura 18: localização do vale de Arequipa. Fonte: plano diretor de Arequipa Metropolitana, 2002.

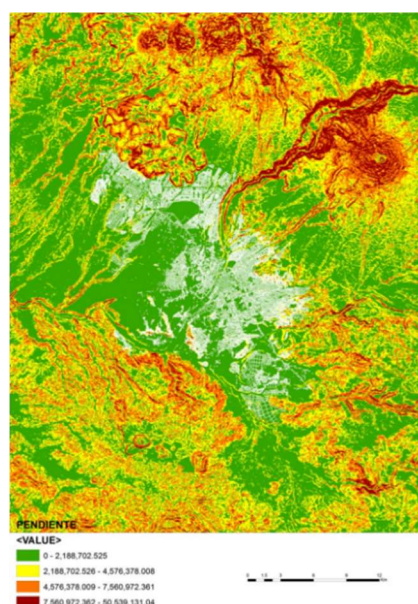


Figura 19: implantação da cidade entre montanhas e vulcões. Fonte: IMPLA (2015)

1.2.2 Dados climáticos

As variáveis ambientais de um clima devem ser estudadas simultaneamente pois cada uma tem influência sobre as outras (figura 20). Mas para tomar decisões de design é preciso saber como o ser humano se comporta frente aos parâmetros climáticos (J. ALMODÓVAR 2006).

A elevada altitude (2329 msnm) reduz a temperatura do ar atmosférico, portanto o clima deveria ser sempre frio, mas devido a baixa latitude (16°24'10") os raios solares incidem de forma uniforme e intensa elevando a temperatura rapidamente desde o amanhecer (J. ALMODÓVAR 2006).

A radiação solar em Arequipa é muito elevada (figura 21), além da baixa latitude, a porcentagem de radiação direta é alta por causa da altitude, assim como o elevado número de horas diárias de sol em torno de 10 horas ao longo do ano.

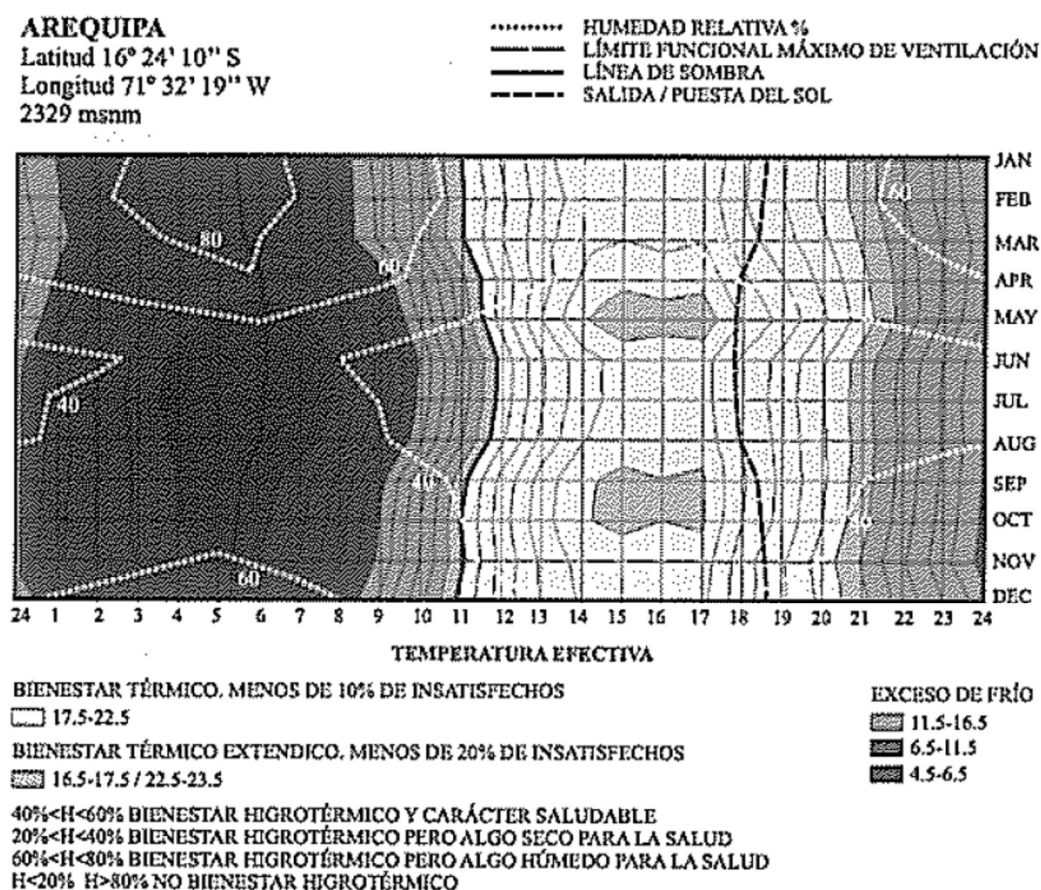


Figura 20: diagrama de conforto para a cidade de Arequipa. Fonte: Almodóvar (2006)

O ambiente é muito seco, com valores de umidade relativa inferiores a 40%, chegando, às vezes, a 20%. As precipitações pluviais ocorrem nos meses de Janeiro a março com nível médio de 30,30 mm, durante o resto do ano são inexistentes. Nestes meses chuvosos aumenta a nebulosidade e diminui a radiação solar, enquanto no restante do ano o céu apresenta-se totalmente sem nuvens. Portanto denominamos como estação seca, abril a novembro, nesta época a amplitude térmica diária é muito elevada (15 °C), durante a noite a temperatura cai rapidamente, situando-se a média das mínimas em

torno a 5 °C. Os valores para a temperatura de bulbo seco oscilam de 10 °C a 25 °C, frio de noite e temperado durante o dia. Os níveis incidentes de irradiação solar global (direta + difusa) na região são os mais altos do Peru, e atingem valores acima de 1000 W/m². (Almodóvar, 2006; Ramirez, 2002).

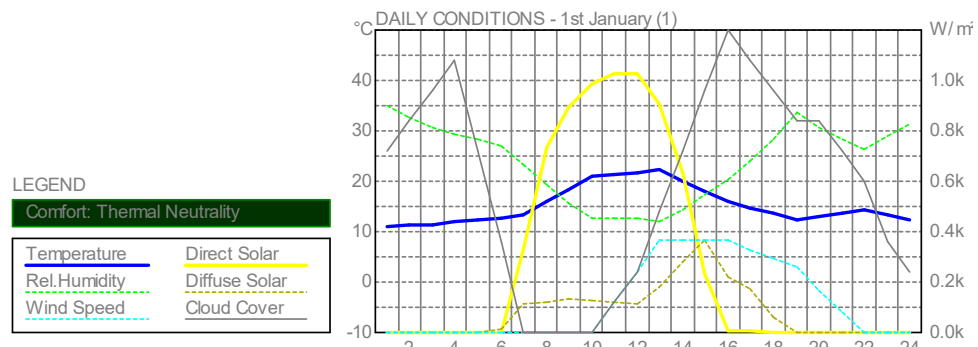


Figura 21: dados climáticos de Arequipa. Fonte: elaboração do autor com dados de SPQU (Corpac), aeroporto Rodriguez Ballón, 1989-2001, processados em weather tool 2011

Prevailing Winds

Wind Frequency (Hrs)

Location: AREQUIPA, Peru (16.3°, -71.6°)

Date: 1st January - 31st December

Time: 00:00 - 24:00

© Weather Tool

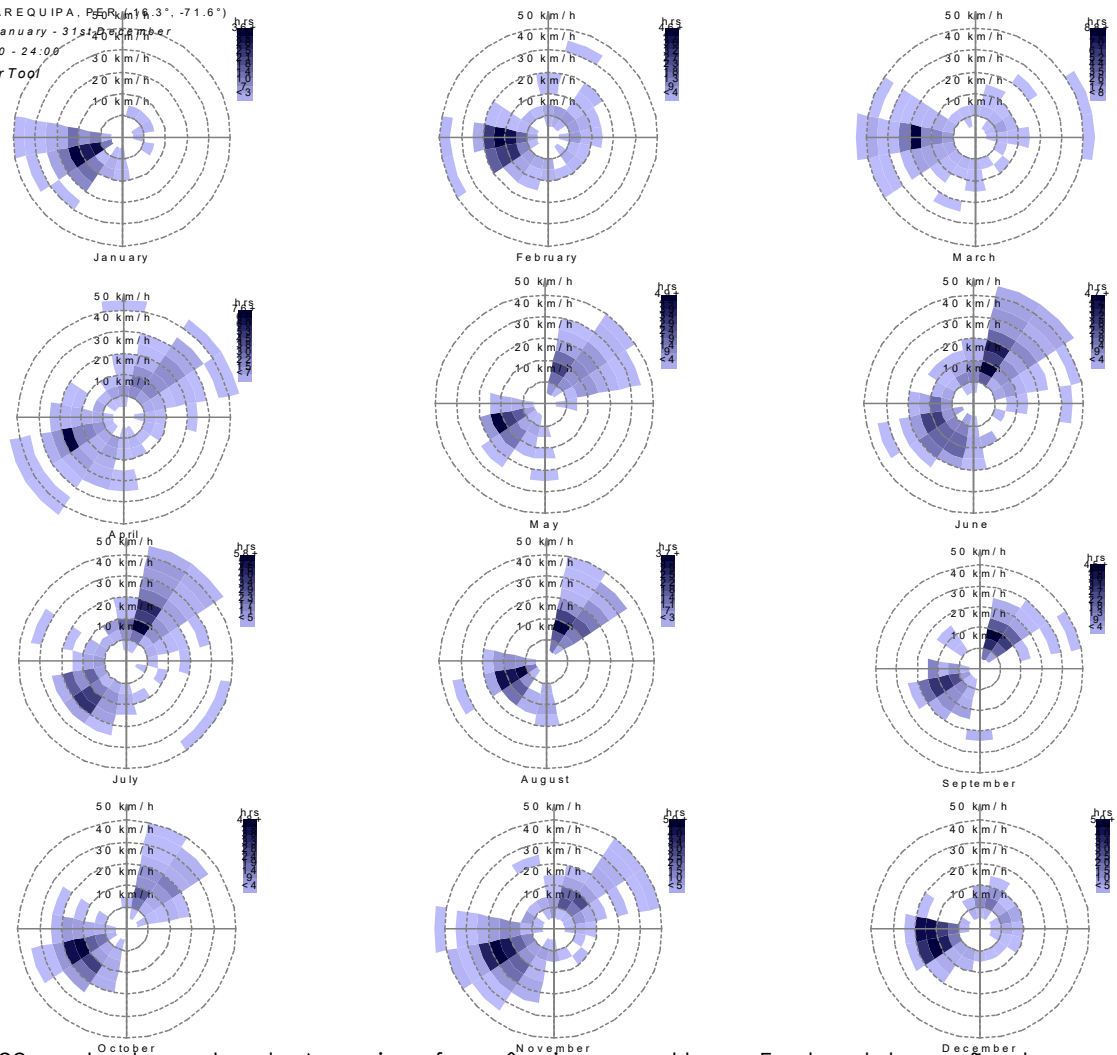


Figura 22: carta de ventos de Arequipa, frequência mensal hora. Fonte: elaboração do autor, processado em weather tool 2011

Os ventos durante o dia são predominantes de oeste e sudoeste, são considerados frescos porque apresentam temperaturas de 20 a 25 °C e a

umidade relativa entre 25 e 55 %. Durante a noite os ventos predominantes de nordeste são frios e secos, com temperaturas de 5 a 10 °C e com umidade relativa 15 a 25 %. A velocidade dos ventos é variável tanto no período diário quanto noturno, com uma média anual de 1,5 a 2,5 m/s. Dados que são constantes para todo o ano como regra geral (figura 22).

1.2.3 Movimentos sísmicos

Os tremores e terremotos sofridos por Arequipa são frequentes ao longo da história (quadro 2). Os terremotos começam a ser registrados na época da Colônia, onde a cidade foi reconstruída em várias ocasiões. Com o tempo aperfeiçoaram o sistema construtivo para suportar os movimentos sísmicos, por isso atualmente podemos ainda observar construções da época da colônia.

Os sistemas estrutural, construtivo e materiais são importantes para combater os fenômenos telúricos, é por isso existe a Norma local “E.030 design sismo resistente”.

ANO	CARACTERÍSTICAS DOS TERREMOTOS
1555	Casas em ruínas
1582	Cidade em ruínas, mais de 300 casas caíram
1784	Ruína de prédios e casas
1821	Muitos danos
1948	Perdidas matérias notáveis
1957	Desprendimento de pedras e destruição de casas
1958	Rompimento de canos
1960	Destruição de algumas construções de sillar, 9 graus na escala de Mercalli
1979	6,2 graus da escala de Richter
1999	6 graus na escala Richter
2001	7 graus na escala de Richter, 17.500 casas foram destruídas e 35.550 danadas diretamente, nas cidades de Arequipa, Tacna, Moquegua e Camana.

Quadro 2: cronologia dos terremotos mais destrutivos em Arequipa. Fonte: elaboração do autor baseado em Alayo (2007)

Os movimentos sísmicos na cidade estão relacionados também à proximidade com os vulcões onde está inserida a cidade (figura 23), causando um risco, caso algum desses vulcões entre em atividade.

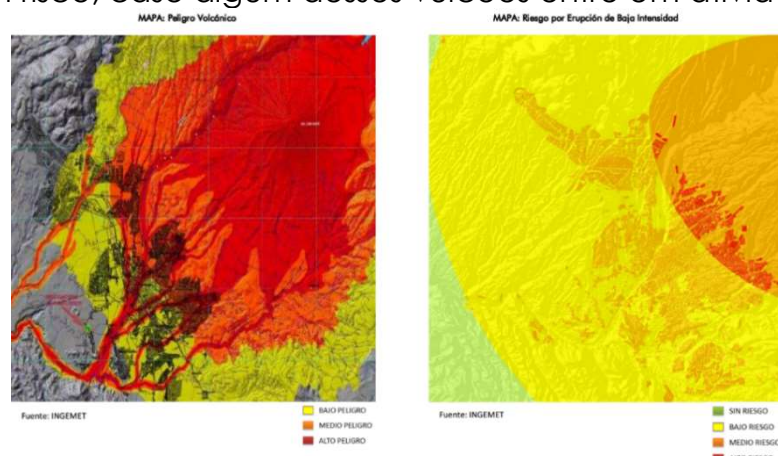


Figura 23: perigos e risco vulcânico. Fonte: INGEMET.gob.pe

1.3 ARQUITETURA VERNÁCULA E SUSTENTABILIDADE

No presente item serão revisados alguns conceitos da arquitetura vernácula, assim como seu contexto e sua relação com a sustentabilidade, demonstrando como esta pode ser útil como uma ferramenta para o design contemporâneo. É descrita uma metodologia de análise da arquitetura vernácula estudada por Heidi Day (2013), avaliando o modelo sistemático apresentado por Rapoport no congresso *Vernacular Architecture in the Twenty-First Century* (2006).

1.3.1 Definição e contextualização do vernáculo

A teoria da arquitetura vernácula envolve muitos campos profissionais, como aqueles dos arquitetos, historiadores, geógrafos, antropólogos, portanto esta tem uma feição interdisciplinar.

Um dos objetivos das pesquisas sobre a arquitetura vernácula é a compreensão da forma construída em relação a sua época. A integração das construções com seu ambiente circundante, e as pessoas que a construíram e viveram nelas, como um processo de interpretação do ambiente construído.

A Arquitetura vernácula resulta de um trabalho inconsciente, baseado em conhecimentos acumulados por gerações, que difere da arquitetura resultante do processo de projeto, com consciência e intelecto (TAMER e INDJY 2011).

Etimologicamente definido como nativo, único, específico do lugar, produzido sem necessidade de impor componentes e processos, e possivelmente construído por indivíduos que ocuparam esses lugares. No século XXI, como a cultura e tradição estão menos enraizadas e mais baseadas em informações, os atributos do vernáculo, tem que se adaptar para definir estas alterações. Epistemologicamente, ou com respeito a nossas formas de conhecer e classificar, o significado de vernáculo também tem que mudar. Temos que aceitar que o câmbio gradual que se produz em arquitetura vernácula durante longos períodos de tempo não é um resultado de práticas conservadoras e estéticas, senão simplesmente de limitações geográficas ou econômicas que não se podem superar por um segmento da população local de uma região (ASQUITH e VILLENGA 2006).

A maioria dos aportes do vernáculo estão no contexto das casas. As habitações são construídas para servir a uma variedade de funções, mas uma questão importante é a criação de condições de vida que sejam aceitáveis para os ocupantes, particularmente em relação ao clima predominante. Edifícios que não controlam o clima além do vento e isolamento, permanecem em grande parte afetados pelas condições externas. Os materiais usados, as formas, os volumes, a distribuição dos cômodos, contribuem ao microclima que a casa gera (como; temperatura, ventilação, umidade relativa, etc.)

As grandes mudanças climáticas deste novo século nos fazem perguntar, que tipos de edifícios serão mais resistentes diante de tal desafio? Instintivamente a resposta seria para os protótipos vernáculos, que se adaptam a diversos climas e adequados para fornecer protótipos sustentáveis, com energia mais barata em contraposição à construção de alta tecnologia com energia mais cara. Mas essas construções se adaptarão as novas mudanças do século XXI na procura de uma edificação flexível? Os protótipos históricos, tradicionais e vernáculos de casas têm sido considerados como inerentemente adaptados a seu meio ambiente natural. Mas isto tem levado a más interpretações e erros referentes a apropriação de tecnologias e soluções em geral, particularmente referente a casas de baixa renda. (MEIER e ROAF 2006).

1.3.2 Sustentabilidade na arquitetura vernácula

De acordo com a literatura, são encontrados majoritariamente estudos relativos ao uso e reciclagem de materiais construtivos (adobes, pedra e bambu), mas poucos relacionados com o comportamento climático do vernáculo construído, além da não observância dos fatores social, cultural e econômico, que são de igual importância para uma arquitetura com viés sustentável (VILLENA 2015).

Sustentabilidade e tecnologia na construção são fundamentais; portanto há uma capacidade de integrar o bem-estar humano, o bem-estar das futuras gerações, o mundo natural e a consideração de um ambiente sustentável e uso de materiais (RIBA, tomorrow's architects, 2003). Por conseguinte é importante fazer uma análise integrada da arquitetura vernácula, como: lugar e clima, estrutura e materiais, ambiente térmico, ambiente visual, ambiente acústico, cultura, função e uso, forma do prédio, Implantação, etc., e como os povos se integram através do design.

Portanto é preciso uma compreensão intuitiva e de análise do que pode ser aplicado para o design, como estratégias passivas ao conceito arquitetônico.

A arquitetura vernácula pode contribuir ao futuro do ambiente construído como um modelo para abordar os desafios do design sustentável (figura 24), com um enfoque de design integrado, e como fonte de informação e inspiração da arquitetura (HEAL, PARADISE e FORSTER 2006).

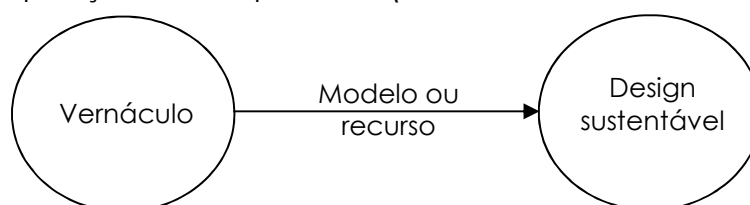


Figura 24: esquema do vernáculo como modelo para o design sustentável. Fonte: elaboração do autor

1.3.3 Metodologias de análise da arquitetura vernácula

A análise dos valores das tradições vernáculas pode ser aplicável em diversos campos, tais como; habitação, conservação, gestão de desastre,

desenvolvimento sustentável e design arquitetônico, estas contribuições argumentam-se nas lições valiosas a serem aprendidas da sabedoria tradicional, habilidade e engenhosidade dos construtores vernáculos no mundo (ASQUITH e VILLENCA 2006).

O modelo proposto para analisar a arquitetura vernacula pela *American history of architecture – Dell Upton*, envolve : objeto (medições exatas, desenhos e informes de materiais e sistemas construtivos), social, cultural e simbolismo, (a forma arquitetônica muda de acordo com estes contextos), (DELL 1983).

Há uma importância dos estudos da arquitetura vernacula atualmente e ao longo do século XXI, não como um estudo de tradições do passado, mas como uma contribuição para novos métodos, soluções, e conquistas para o futuro do ambiente construído (figuras 25 e 26) (ASQUITH e VILLENCA 2006).



Figura 25: aprendendo do vernáculo: copiando valores para o design. Fonte: traduzido de Rapoport (2006)

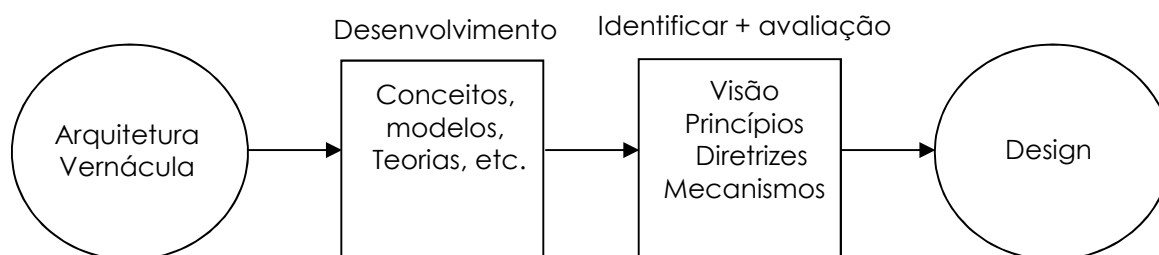


Figura 26: aprendendo do vernáculo: analisando valores para o design. Fonte: traduzido de Rapoport (2006)

Heidi Day (2013) avaliou o modelo sistêmico proposto por Rapoport (2006), e considerou os seguintes princípios: (quadros 3 e 4).

Princípios	Preparação e informação	Design conceitual	Desenvolvimento do design	Design técnico
Integração com (o)lugar e o ambiente. (Lugar, ambiente, topografia, visuais, orientação, clima, ecologia, etc.)	Análises detalhadas do sitio, topografia, clima e ecologia em relação com o meio ambiente construído das construções vernáculas. Fatores favoráveis e não favoráveis do lugar.	Análises do lugar em termos visuais e orientação. De acordo (com) a descrição das condições climáticas para melhorar a forma do prédio. Ter em consideração em primeiro lugar as condições climáticas e orientação.	Integração entre o interior e exterior. Incorporação de design de espaços com diversas qualidades, como iluminação natural, ao longo do dia. Design do ambiente imediato do lugar integrando a forma do edifício com referência à ecologia do lugar.	-----

Elementos culturais da construção tradicional. (Cultura, homem, família, textura, iluminação, sentido do espaço, experimental)	Análises dos elementos culturais dos edifícios tradicionais incluindo mitos, etc., e da interação da comunidade em relação ao ambiente construído.	Abstração e reinterpretação de elementos culturais tradicionais para o contemporâneo.	Desenvolvimento do significado do lugar através de aspectos como iluminação, cor, padrões, etc. que dão identidade e significado ao lugar.	Identificar detalhadamente as qualidades e quantidades de iluminação do espaço e o uso de matérias com qualidades tectônicas.
Simplicidade da forma da construção. (Forma, simplicidade, abstração, composição, identidade, usuário)	-----	Análises da forma simples do prédio vernáculo. Abstração das formas simples.	Desenvolvimento moderado, modesto da composição da forma. Aspectos do design que podem ser criativamente individualizados pelos habitantes e dar significado ao prédio. Análise das formas potenciais que podem ser aplicadas ao design simples com significado da construção vernacula.	Construção simples e uso de materiais. Detalhar o design simples e honesto e dar uma composição simples, modesta e estética.
Economia do método. (Economia, função, espacialidade, seguridade, flexibilidade, repetição, exequível)	-----	Análises da funcionalidade e espacialidade estrutural do edifício vernáculo em relação ao meio econômico. Entender a adaptação, flexibilidade e repetição de formas simples.	Análises detalhadas da estrutura espacial em termo de flexibilidade, repetição, adaptação dos elementos do design espacial, considerando seguridade, flexibilidade, proporção e uso multifuncional para o habitante. Desenvolvimento do design padronizado da grelha e adequação estrutural para a eficiência e economia.	Análises da proporcionalidade de aspectos do design. Adotar padrões, métodos de construção que podem construir os pedreiros locais. Uso barato de materiais e experimentação com aplicação destes. Os elementos caros podem ser especificados em pequenas quantidades para enfatizar a importância dos aspectos do design. Custo de vida completo, incluindo durabilidade, manutenção e energia consumida dos materiais. Ajuste/inventário a ser facilmente substituível ou reparado.

Materiais escolhidos para praticidade, avaliação, local e estética. (Construção materiais, recursos, sustentabilidade, localidade, habitabilidade)	-----	Análises de materiais usados em construções vernáculas em termos de praticidade, utilidade local e qualidades estéticas.	Consideração de materiais que podem ser usados em construções simples. Consideração de materiais ou recursos que são sustentáveis em termos de localidade, disponibilidade, durabilidade, origem, estéticos e qualidades a contribuir ao desenvolvimento do sentido do lugar.	Desenvolvimento do design do sistema construtivo e uso de materiais sustentáveis considerados mais para sua aplicação. Incorporar elementos de arte reinterpretados da tradição. Consideração e reincorporação de novas tecnologias.
--	-------	--	--	--

Quadro 3: modelo sistemático de Rapoport (2006) de análise da arquitetura vernácula, avaliado e redefinido com o plano de trabalho de RIBA (2013). Fonte: traduzido e adaptado de Day Heidi (2013)

Integração com o lugar e paisagem: consideram as condições físicas específicas do lugar, com o objetivo de conectar com a paisagem e o sítio. É uma compreensão da paisagem e o clima, além de abordar questões de localização, qualidades e experiências do sítio, etc.

Simplicidade da forma: forma reduzida e estética minimalista, abstraída da forma tradicional. O objetivo é o design simples, pois na linguagem vernácula isto era necessário devido à limitação da disponibilidade de recursos e técnicas de construção.

Materialidade: os materiais devem ser selecionados por suas propriedades frente aos problemas, suportar as condições locais e usos de construção. Materiais fáceis de obter, manipuláveis por pedreiros locais (materiais locais), por outro lado os recursos naturais mantêm uma conexão direta com a paisagem, sua expressão, textura e qualidade exterior.

Elementos culturais: as tradições culturais influem direta ou indiretamente na tomada de decisões dos elementos construtivos nas edificações vernáculas. O significado cultural, rituais, etc. são de relevância para a sociedade e se encontram profundamente arraigados aos costumes e modo de viver, o que influencia na programação do projeto arquitetônico.

Economia do método: o objetivo final é que seja acessível através do uso eficiente do espaço. A normalização e repetição de elementos, podem evitar um maior desperdício de recursos e redução de custos.

FÍSICO	MATERIALIDADE	FORMA	CULTURA	FUNÇÃO
Localização	Recursos	Simplicidade	Comunidade	Economia
Lugar	Tecnologia	Identidade	Privacidade	Espacialidade
Clima	Sist. construtivo	Articulado	Religião	Flexibilidade
Orientação			Status	Seguridade

Quadro 4: parâmetros de análise da arquitetura vernácula. Fonte: traduzido pelo autor de Heidi Day (2013)

1.3.4 Considerações

A definição da arquitetura vernácula é complexa, já que intervêm muitos fatores interdisciplinares e não está perfeitamente esclarecida. Além disso, atualmente há necessidade da procura de modelos simples e econômicos que possam se adaptar aos eventuais câmbios climáticos. Em favor disto os povos antigos ou milenários no Peru, parecem ter encontrado soluções locais e adaptadas a seu meio ambiente.

O modelo sistêmico avaliado e redefinido por Day Heidi (2013) para a análise da arquitetura vernácula é um enfoque integrado, o que possibilita o desenvolvimento de uma metodologia para o design contemporâneo. Tendo como principais tópicos a análise detalhada dos fatores ambientais, culturais, sociais e econômicos. Destaca-se a análise de (do) ciclo de vida dos materiais (ACV), a forma, espacialidade, materialidade e o significado de cada um dos elementos construtivos. Adicionalmente com a análise dos fatores térmicos, acústicos, iluminação, etc., facilitaria a definição de diretrizes para o design contemporâneo, principalmente em favor das habitações de baixa renda.

Portanto mostra-se necessário apresentar a evolução dos modelos vernáculos, que para o presente trabalho se expõe o caso da cidade Arequipa.

Cabe indicar que a maioria das pesquisas em Arequipa se encontram relacionadas a arquitetura colonial, esquecendo a importância dos modelos de habitat pré-hispânicos. Também não existem estudos referentes à sustentabilidade, com exceção do trabalho de Almodóvar (2006) e Llanque (2002), referentes à arquitetura colonial em Arequipa.

CAPITULO 2 - EVOLUÇÃO DE TIPOLOGIAS EM AREQUIPA

Este capítulo procura apresentar a evolução das tipologias arquitetônicas de habitações populares em Arequipa através de três cortes temporais. No primeiro período histórico considerado, o **pré-hispânico**, as moradias e seus assentamentos tinham características similares. O período seguinte é o **colonial**, caracterizado pela dominação espanhola, quando se aportaram valores europeus às construções locais, dando como resultado um estilo de síntese, o colonial. O último período considerado é o **republicano**, que se estende à atualidade, em que predomina nas habitações de baixa-renda um estilo recorrente denominado popular ou *chicha*. Este estilo tenta imitar as características formais ou representativas dos estilos antecedentes, pré-hispânico e colonial. Assim, estes estilos serão aqui denominados de arquitetura vernácula (período pré-hispânico), arquitetura vernácula por síntese (período colonial) e arquitetura “vernácula moderna” (período republicano).

Cada um destes períodos será analisado de acordo com o modelo sistêmico de Rapoport (2006) de análise da arquitetura vernácula, avaliado e redefinido por DAY (2013), como explicado no capítulo anterior.

Após este estudo sobre a arquitetura vernácula peruana, são apresentadas considerações sobre o seu comportamento climático, além de algumas recomendações.

2.1 DEFININDO OS PERÍODOS VERNÁCULOS EM AREQUIPA

No Vale de Arequipa encontravam-se, na Época Pré-hispânica, cinco culturas: *Puquina*, *Tiahuanaco*, *Huari*, *Churajón* e *Inca*. Estas culturas foram se adaptando e se integrando, gerando assim técnicas construtivas, com o uso de materiais (pedra, barro, adobe, palha) de acordo com seus costumes, disponibilidade e necessidades. A casa resultante do reflexo da compreensão humana sobre as condições locais, e de técnicas tradicionais ancestrais, aperfeiçoadas com o transcorrer do tempo, e que atende às necessidades de uma época.

Mais adiante, à época da Colônia, a arquitetura vernácula representativa já é resultado de um processo de síntese. Os antigos povos, já possuíam uma longa tradição na construção de moradias e de cidades. Assim, estes povos quando sob a dominação espanhola, passaram a produzir novos padrões arquitetônicos, por conta das novas técnicas e materiais (BURGA, 2010).

No atual período, o republicano, é corrente o “vernáculo moderno”, definido como uma reinterpretação da arquitetura vernácula, e ao que tudo indica parece não mais atender aos valores e princípios de sustentabilidade. Esta sendo também conhecida como Arquitetura Chicha (expressão cultural de zonas rurais limítrofes do espaço urbano) (BURGA, 2010; LOPEZ, ET AL., 2015).

Muitas definições dadas para a Arquitetura Vernácula são baseadas em suposições, inconscientes ou regionalistas, sem embasamento arquitetônico, características que não são suficientes para identificar um estilo. Para tanto, se requer uma análise comparativa e exaustiva das características do produto e processo do estilo vernáculo, para diferenciá-lo de outros estilos como primitivo, popular, contemporâneo, etc. (RAPOPORT, 1990).

Mesmo reconhecendo as limitações conceituais para a definição da arquitetura vernácula, no presente trabalho consideram-se para análise de construções vernáculas com base em três períodos históricos: Vernáculo (Pré-hispânico), vernáculo por sínteses (Colonial e início da república) e vernáculo moderno (Republicano).

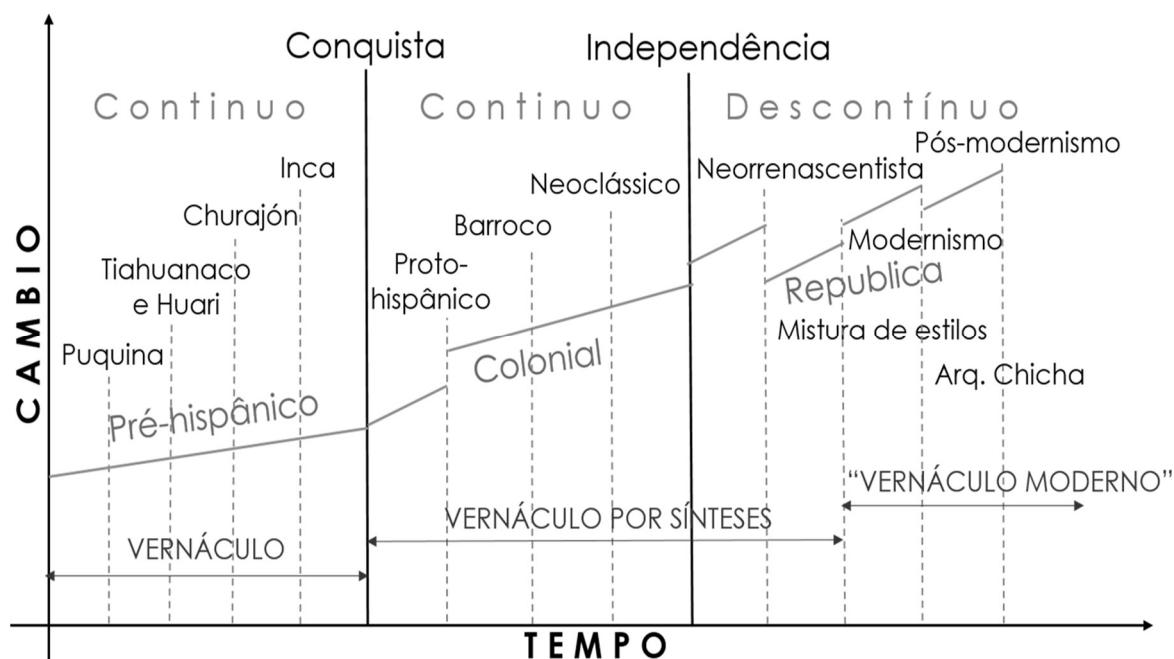


Figura 27: hipótese de estilos vernáculos em Arequipa. Fonte: elaboração do autor

2.1.1 Vernáculo (Pré-hispânico)

De acordo com as fontes consultadas, neste período interferem cinco culturas (Puquina, Tiahuanaco, Huari, Churajón e Inca) que se desenvolveram de -300 a.C com a chegada dos povos altiplanos dos Andes até 1540 d.C. com a dominação espanhola. Durante este período as culturas foram se integrando a anterior, a economia principal era agrícola, quando se desenvolveram importantes obras hidráulicas e as andenerias que através dos tempos estenderam-se ao longo do Vale e nas proximidades dos rios.

	VERNÁCULO			
	PUQUINA ^{2 3}	TIAHUANACO e HUARI ¹	CHURAJON ^{1e4}	INCA ^{1e5}
	- 300 a.C a 500 d.C.	500 d.C. a 1000 d.C.	1000 d.C. a 1450 d.C.	1450 d.C. a 1540 d.C.
Terremotos	Sem registros	Sem registros	Sem registros	Sem registros
Transição	Provenientes do Altiplano	Integração e interação com a cultura anterior	Integração e interação com a cultura anterior	Integração e interação com a cultura anterior
Econômico	Início de agricultura, pastoreio e presença da cerâmica	Agrária e pastoreio	Forte economia agrícola	Agrícola
Ambiental	Aldeias estruturadas em Socabaya e Uchumayo	Presença Tiahuanaco (Hunter, Socabaya, Mollevaya e Sachaca) e Huari (Uchumayo)	Expande seu controle territorial até todo o vale do Chili	Expande a Paucarpata, Yumina, Characato, Cayma, Sabandia, Yanaguara
Sociocultural	Etnias locais, Yaravayas e Copoatas	Consolidação da vida em aldeia na bacia do vale do rio Chili, sociedade hierarquizada	Expertos agricultores, sociedade hierarquizada	Fundaram centros povoados, variedade de grupos étnicos, Chumbivilcas (Cuzco), Yanaguaras (Apurimac), Collaguas (Colca), Sociedade hierarquizada
Tecnológico (Arquitetura)	Primigênicas obras hidráulicas e andenes primitivos	Obras hidráulicas e andenes, casa em pedra	Obras hidráulicas e andenes, casa com pedra e barro, relógio solar	Reconstruíram e ampliaram obras hidráulicas e andenes, casas de adobe e palha
Que existe atualmente?	-----	Centro arqueológico o Pillo, Kassapatac e Songonata	Centro arqueológico os Corralones	----

Quadro 5: hipótese do período histórico de Arequipa – vernáculo. Fonte: elaboração do autor com base em: ¹ (ASPILCUETA 2013); ² (BERMEJO 1949); ³ (BERNEDO 1949); ⁴ (BUSTINZA 2003); ⁵ (GALDÓS 1987).

2.1.2 Vernáculo por síntese (Colonial e início da república)

A longa tradição cultural destes povos em contato com a dominação espanhola concorreu para o surgimento de padrões arquitetônicos novos, uma relação de síntese que ocorreu a partir de um processo de apropriação, (BURGA, 2010).

Este período compreende cinco etapas, a primeira é de transição, de passagem dos modelos pré-hispânicos aos modelos aportados pelos

espanhóis, definida como Proto-Hispânico (PALOMINO, 2012), além dos estilos barroco, neoclássico, neorrenascentista, e finalmente uma mistura de diversos estilos europeus (Neogótico, Eclético, *Art Nouveau*, *Art Deco*, Tudor e Vasco).

A etapa Colonial no Peru terminou em 1821, e após com o início da República os estilos continuaram a se integrar, adaptando-se aos novos tempos. Mas, é evidente que o estilo Colonial teve uma maior influência sobre o denominado vernáculo por síntese.

Estilo e/ou período	VERNACULO POR SÍNTESE				
	Proto-hispânico	Barroco	Neoclássico	Neorrenascentista	Mistura de estilos
	1540-1600	1601-1700	1700-1800	1800-1900	1900-1945
Terremotos	1582, 1600	1604	1784	1868	----
Transição	Adaptaram-se a cultura anterior (Inca)	Devido aos terremotos	Devido aos terremotos	Decorrente da independência do Peru	Globalização
Econômico	Agricultura e exploração de minerais	Agricultura e exploração de minerais	Agricultura e exploração de minerais	Estável, exportações e indústria têxtil	Trem elétrico, dinâmica de desenvolvimento
Ambiental	Assentaram-se no centro da cidade, traço fundacional	Traço fundacional e ao redor imediato	Traço fundacional e ao redor imediato	Ampliação da trama urbana	
Sociocultural	Fundação de Arequipa em 1540 pelos espanhóis	A cidade começa a consolidar-se, protagonista do vice-reinado do Peru. Iconografia	Iconográfico com conteúdo religioso, mas também com motivos andinos pré-hispânicos (barroco-mestiço)	Migração das cidades vizinhas do Sul. Independência do Peru (1821)	Recuperação após os terremotos e da guerra com Chile
Tecnológico (Arquitetura)	Incipiente e ainda experimental. Casa em pedra do rio, barro, troncos e palha, etc. Pedra vulcânica nas portas das igrejas.	Mão de obra autóctone, participa de processos construtivos e também na formulação das estruturas. Séculos das edificações religiosas. A <i>pedra vulcânica</i> converteu-se em material exclusivo	Século das casas, a tecnologia das construções religiosas se translada a arquitetura civil. Organização interna das casas ao redor de pátios, poucas variações.	Continua quadro página seguinte As fachadas barrocas passam à neoclássicas, utilização de cor nas paredes para ressaltar as ornamentações clássicas	Construção do trem elétrico. Arquitetura Eclética, Historicista, Art. Decô, Duque, Neocolonial.

O que existe atualmente?	Nada, além de cimentos sobre os quais se levantam novas edificações	Conventos e igrejas (Santo Domingo, San Francisco, San Agustín, a Merced, a C. de Jesús, Monasterio de Santa Catalina)	Casa: Tristán del pozo, Moneda, Moral, etc.	A maioria das construções pertence a esta época. Catedral de Arequipa	A maior parte de edificações com valor patrimonial desta época se mantém ainda em pé
--------------------------	---	--	---	---	--

Quadro 6: hipótese do período histórico de Arequipa - vernáculo por síntese. Fonte: elaboração do autor baseado em (RÍOS 2000) e (PALOMINO 2012)

2.1.3 "Vernáculo Moderno" (Republicano)

O estudo sobre as transformações correntes na arquitetura vernacular é pouco tratado no âmbito acadêmico, sendo um dos fenômenos atuais e espontâneos nas cidades do Peru.

Mas, por que esta denominação de "vernáculo moderno"? Porque nas habitações de baixa-renda tem sido observado um processo de imitação, uma procura de modelos principalmente formais, uma cópia de elementos antigos que muitas vezes não são reinterpretados devidamente. De acordo com (PEZO, 2011) este estilo popular de construções pode se apresentar sob três vertentes: a *moderna* (toda em concreto); a *tradicional* (cópia de alguns elementos coloniais, principalmente nas fachadas); e por último a *vernacula* (ou Chicha, que se manifesta no processo construtivo e no padrão organizativo da habitação).

Esta última vertente, a arquitetura Chicha é que se constitui objeto de estudo do presente trabalho, enquanto o *vernáculo moderno*.

A partir da década dos 80 a arquitetura chicha passou a ser reconhecida, talvez já existisse antes, mas não é possível se traçar uma cronologia da evolução desta arquitetura. Pois, o processo construtivo sofreu mudanças conforme o imaginário dos proprietários e pedreiros, e assim de habitação em habitação, foi se estendendo no tempo, (PEZO, 2011).

Por outro lado, o conceito de estilo popular é difícil de definir. O crescimento desordenado da cidade devido ao êxodo rural aportou novos elementos culturais não claramente ainda definidos. Assim, a arquitetura popular parece fazer referência à arquitetura vernacula, e como tal passou a ser denominada de arquitetura chicha (Pezo, 2011). Assim, esta é obra do migrante que interpretou os elementos que considerava modernos junto a sua tradição cultural.

Mas, esta forma tradicional-moderna, está em constante mudança para uma arquitetura mais coerente com seu novo contexto, onde o migrante não é mais marginal e sim um protagonista da Cidade (Pezo, 2011).

A arquitetura chicha foi desenvolvida inicialmente sem arquitetos, mas na última década estes também seguiram esta tipologia, em função muitas vezes dos modismos de seus clientes.

Estilo e/ou período	“VERNÁCULO MODERNO”		
	Moderno ¹	Pós-moderno ¹	Arq. Chicha ²
	1945 - 1980	1980-2000	1980 - 2016
Terremotos	1958, 1960		2001
Transição	Pres. J. Bustamante	Pres. F. Belaunde	Grande migração a cidade
Econômico	Exportações, economia informal, trabalhos ilegais, obras públicas para dar trabalho aos migrantes	Alta inflação, incremento de importações, mercados informais	Nasce sobre circunstâncias marginais, pobreza
Ambiental	Crescimento urbano de Sachaca, Paucarpata e nos limites do vulcão Misti	Fluxo migratório das cidades próximas (campo - cidade)	O vale de Arequipa
Sociocultural	Maior incidência de população migrante na cidade devido ao processo de industrialização	Procura de identidade cultural. Narcotráfico e terrorismo.	O assim chamado “andenizar” das cidades está relacionado à tentativa da descolonização cultural de décadas passadas. Este movimento frequenta os símbolos nativos primários, aqueles que o mestiço não se envergonha, e em contextos urbanos encontra esta expressão numa arquitetura híbrida carregada com símbolos descontextualizados.
Tecnológico (Arquitetura)	Crescimento em altura no centro histórico e periferias. Avenidas importantes. Urbanizações populares.	Assentamentos humanos chamados povos jovens, tecido urbano denso, cidade horizontal, material de construção. Casas em sillar, zinco fundido, tijolo.	Especialmente na esfera residencial: - Ausência de uma clara organização espacial - Ausência da participação de profissionais na composição ou design construtivo - Expressão formal sem uma aparente ordem, resultado de um incremento desorganizado. - Decoração da fachada
Que existe atualmente?	Hospital H. Delgado, Parque industrial, fábrica Cimento Yura, conjunto habitacional N. Pierola, Galerias Gamesa, Hotel presidente, Edifício Virrey, Pavilhão Nicholson UNSA...	Conjuntos habitacionais Sor Ana de los Angeles, Dunker, Mostajo, Prédio SUNAT, Centro comercial Gran Via e Panorâmico, Pinar del rio e posada del puente, etc.	Estes prédios são encontrados em todo o vale de Arequipa

Quadro 7: hipótese do período histórico de Arequipa - vernáculo moderno. Fonte: ¹ (PASTOR 2014), ² (LÓPEZ, RÍOS e MARTÍN 2015)

2.2 ARQUITETURA VERNÁCULA – PRÉ-HISPÂNICA

As habitações vernáculas analisadas pertencem aos centros arqueológicos de Corralones, Pillo Kassapatac, Yumina y Buena Vista, Songonatac e Churajón, que já são pesquisados por arqueólogos e historiadores. Também cabe indicar a existência de outros lugares ainda em estudos, que não foram objeto deste trabalho.

2.2.1 Relação do lugar e ambiente

Estes antigos povos escolheram as montanhas para o desenvolvimento de suas estruturas habitacionais e agrícolas, assim como as margens dos rios (Chili, Socobaya e Mollebaya).

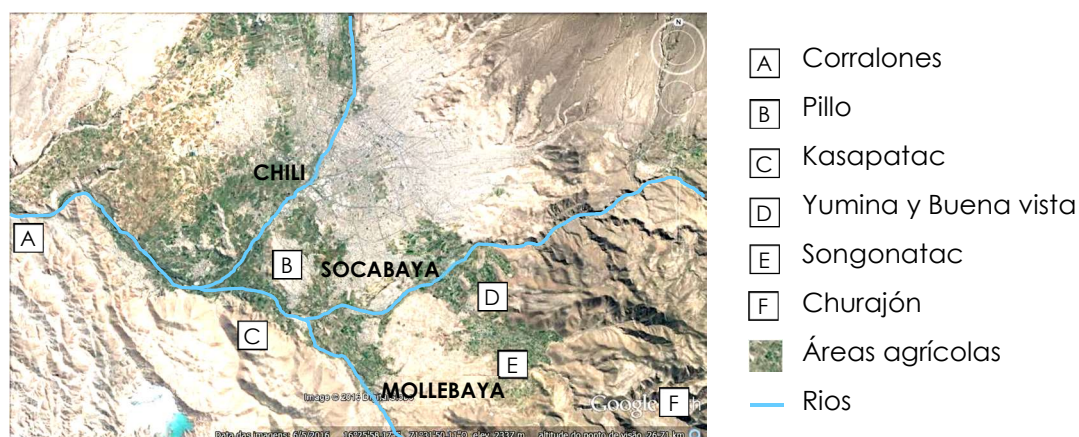


Figura 28: implantação das estruturas habitacionais e agrícolas em Arequipa. Fonte: imagem Google Earth

Os centros Arqueológicos (Corralones - Uchumayo, Pillo - Socabaya, Kasapatac - Hunter, Yumina y Buena vista, Songonatac - Mollebaya, Churajon, etc.) (figuras 29, 30, 31) em Arequipa são uma evidência, para reconhecer o lugar onde se desenvolveram as culturas (Puquina, Tiahuanaco, Huari, Churajón e Inca).

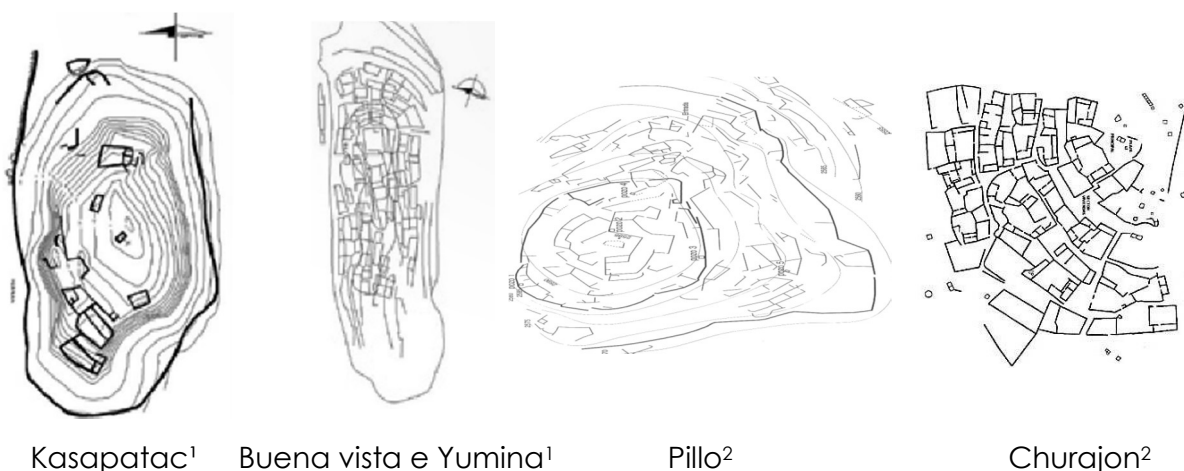


Figura 29: estruturas habitacionais. Fonte: ¹ (LÓPEZ e YÉPEZ 2015), ² (ÁLVAREZ 2000)



Figura 30: centro arqueológico Corralones. Fonte: imagem de Google Earth.



Figura 31: centro arqueológico o Pillo. Fonte: imagem de Google Earth

Através da agricultura e de importantes obras hidráulicas estas culturas desenvolveram uma grande área verde no meio do deserto (figura 32), hoje denominada campina de Arequipa, a qual constitui um importante meio ambiental, além de possuir belos visuais.



Figura 32: campina de Arequipa e andenerias respectivamente. Fonte: raptravel.org

Transformaram as montanhas em formas de escadarias orgânicas, adaptando-se a topografia, com pedras (granito, andesito e pedra vulcânica sillar) e construíram os terraços, sobre os quais edificaram suas casas e áreas para agricultura (figura 33).

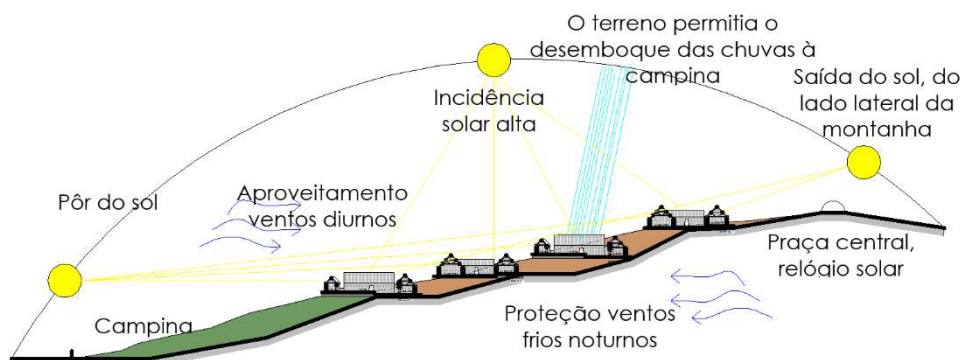


Figura 33: corte esquemático da montanha. Fonte: elaboração do autor

Sobre as montanhas estas culturas tinham uma visão de 360°,

observando assim suas áreas agrícolas, e os vulcões que eram considerados como divindades (figura 34), pois a fonte principal de água provinha dos montes nevados.



Figura 34: campina e vulcões em Arequipa. Fonte: guwentravel.com

A relação do interior / exterior estava definida pela topografia, as estruturas encontravam-se protegidas com pequenas muralhas (figura 35), que serviam como proteção contra possíveis invasões de outras culturas.

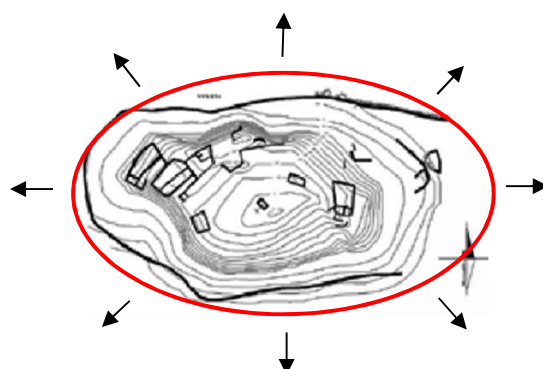


Figura 35: muralha da estrutura habitacional. Fonte: elaboração do autor

A construção das grandes áreas agrícolas permitiu a formação de um microclima dentro do Vale, que transformou o clima seco e árido do deserto em uma área dentro da zona de conforto higrotérmico.

Os ventos frescos do dia com direção leste incidem diretamente do lado oeste da montanha, durante à tarde o lado oeste da montanha recebe os raios solares da tarde, o lado leste da montanha é favorecido com os primeiros raios solares da manhã (figura 36). A campina mostra-se favorável para a umidificação do ar, num clima considerado como seco.

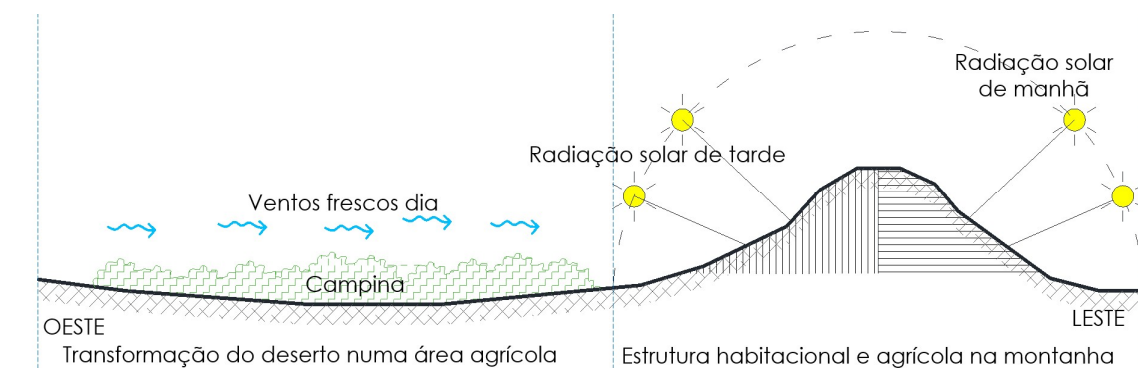


Figura 36: corte esquemático oeste-leste da campina – montanha. Fonte: elaboração do autor

Os ventos frios da noite incidem no lado norte da montanha mas no dia há uma forte radiação solar, principalmente nas superfícies verticais das casas, sobretudo no inverno. No verão apresenta-se uma incidência solar quase perpendicular sobre as superfícies horizontais (figura 37).

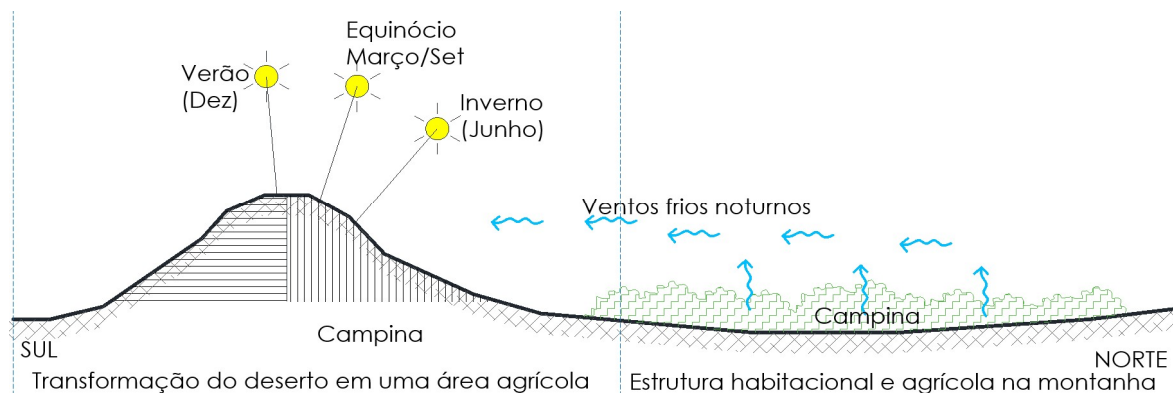


Figura 37: corte esquemático sul-norte da campina – montanha. Fonte: elaboração do autor

Como premissa inicial de acordo com a direção dos ventos e trajetória solar, mostra-se o lado sul da montanha como aquele menos favorável à implantação da habitação.

Observa-se que a orientação predominante das estruturas implantadas nas montanhas é do lado oeste com algumas exceções (figura 38), isto permitia uma adequada ventilação das casas, diminuindo a sensação de calor durante o dia. Esta orientação permitia também que os cômodos se esquentassem mais pelos raios solares da tarde, o que era bom para suportar o frio da noite.

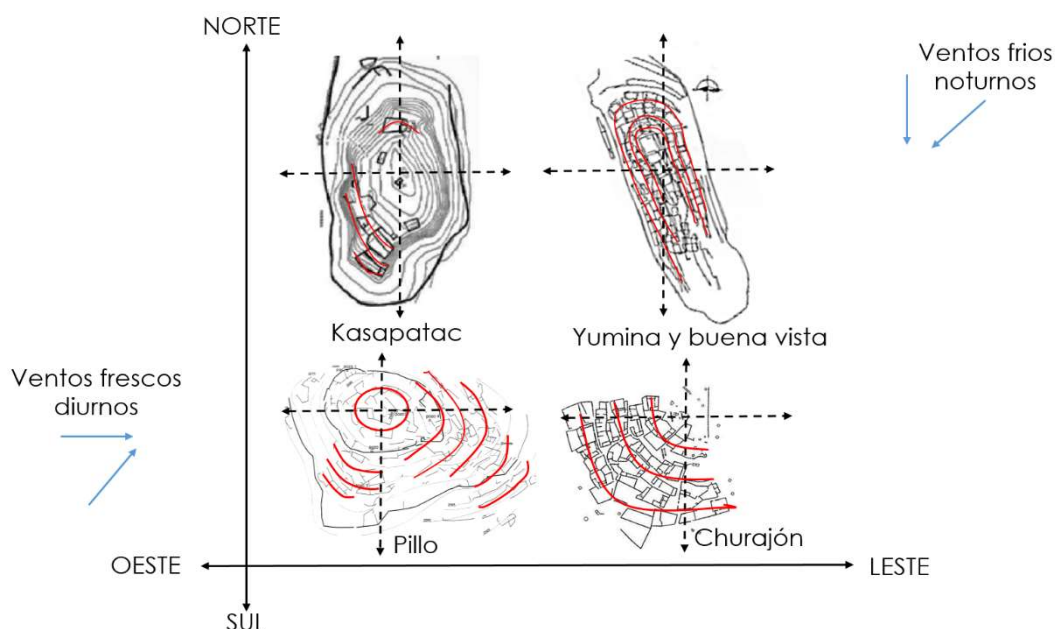


Figura 38: orientação das estruturas habitacionais nas montanhas. Fonte: elaboração do autor

A principal fonte animal nos Andes era e continua a ser os aquênios, estes serviam para transportar grandes cargas, obter a lã para os tecidos e a carne como alimento (figura 39). Havia um espaço reservado para criação na estrutura habitacional familiar denominada cancha.



Figura 39: animais nativos dos andes. Fonte: arequipaperu.org

Por estar localizada numa área seca e desértica, nesta região não havia muita vegetação além das áreas agrícolas, onde era cultivado o milho como alimento principal. Destaca-se algumas espécies de árvores nativas (quadro 8) e o Ichu (planta baixa que uma vez seca era utilizada como palha para construção das coberturas das casas).

				
Acacia macracantha (Huarango)	Caesalpine spinosa (Tara)	Polylepis rugulosa (Quenoa)	Schinus molle (Molle)	Anadenanthera colubrina (Vilco)
altura = 6m	altura = 5-12m	altura = 6m	altura = 5-10m	altura = 5-8m
Copa=12m	Copa=8m	Copa=10m	Copa=8-10m	Copa=12m
Semi - denso	Semi - denso	Denso	Semi - denso	Denso

Quadro 8: tipos e características das árvores em Arequipa. Fonte: elaboração do autor baseado em Linares (2008)

2.2.2 Elementos culturais da construção tradicional

Estabeleceram-se ao longo do tempo, cinco culturas em Arequipa: *Puquina*, *Tiahuanaco*, *Huari*, *Churajón* e *Inca*, como já descrito anteriormente. Cada uma delas foi se integrando e se adaptando a anterior, constituindo assim em evolução. Cada uma destas contribuiu para algum importante desenvolvimento nas construções, do qual podemos hoje nos surpreender pelo grau de detalhes construtivos (figura 40).



Figura 40: edificações representativas das culturas: Puquina, Tiahuanaco, Huari, Churajón e Inca, respectivamente. Fonte: Google Earth

O estilo de vida destes povos desenvolvia-se na maior parte do tempo em torno do pátio. Os cômodos geralmente eram utilizados como dormitório, depósitos e cozinha. Os homens trabalhavam na agricultura e pecuária principalmente. Até hoje este tipo de vida permanece nas áreas rurais dos Andes. Destaca-se a cerimônia denominada *Inti Raymi*, onde é adorado o sol a cada solstício de inverno.

Era uma sociedade hierarquizada, onde se destaca a Inca, mas a maioria das demais culturas agia de forma semelhante. As casas das famílias encontravam-se próximas umas das outras. A construção era realizada em regime de mutirão, onde os vizinhos ajudavam-se uns aos outros para construir suas casas, através do conhecimento empírico (figura 41).

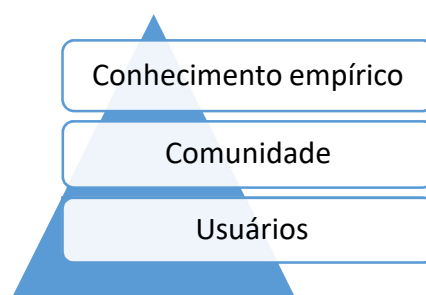


Figura 41: esquema de autoconstrução da comunidade através do conhecimento empírico. Fonte: elaboração do autor

Estes povos tiveram uma grande inter-relação com o meio ambiente, através da paisagem e os elementos naturais como diretrizes para a construção de suas edificações, já que deles dependiam sua existência. Em Arequipa estas culturas pré-hispânicas utilizavam a água provinda dos degelos para seus cultivos. Com isto a conservação da água era muito importante, como resultado encontramos até hoje sofisticados canais de água, que funcionam por gravidade (RAMOS, et al., 2015). A cosmovisão dos povos deste período influenciou na utilização dos materiais construtivos, e como os vulcões eram considerados divindades, a rocha vulcânica de cor branca “sillar” não era utilizada, mas sim outros tipos de rochas locais (andesito, granito, ichu).

Foram encontrados lugares de adoração, como no vulcão *Pichu Pichu* onde eram realizados sacrifícios humanos, devido ao fato da água provir da neve destas montanhas. Há figuras marcadas nas pedras vulcânicas com a forma de serpentes em um espaço ritual (sítio arqueológico *Culebrillas*). Destaca-se também uma pedra no cume das montanhas denominada *Intiwatana* (lugar onde se ata o sol) (figura 42) que era um objeto de culto religioso, conhecido como relógio solar.



Figura 42: sítio arqueológico *Culebrillas* e *Intiwatana* no complexo arqueológico *Churajón*.
Fonte: arquitectperu.blogspot.com.br e turismoyeducacionvic.blogspot.com.br

2.2.3 Simplicidade da forma e construção

Destaca-se a tipologia de base retangular ou quadrada, com cobertura em duas águas, sendo a largura não maior que 5 metros (figura 44), inseridas em plataformas na ladeira das montanhas, em forma de escadas, similares aos *andenes* (figura 43).



Figura 43: reconstrução hipotética de uma aldeia em *Kasapatac* e Casa Atual e em uso, localizada em *Chiguata*, com componentes arquitetônicos similares às construções pre-hispânicas de Arequipa, com muros de pedra baixos e teto de palha. Fonte: Cardona (2015)

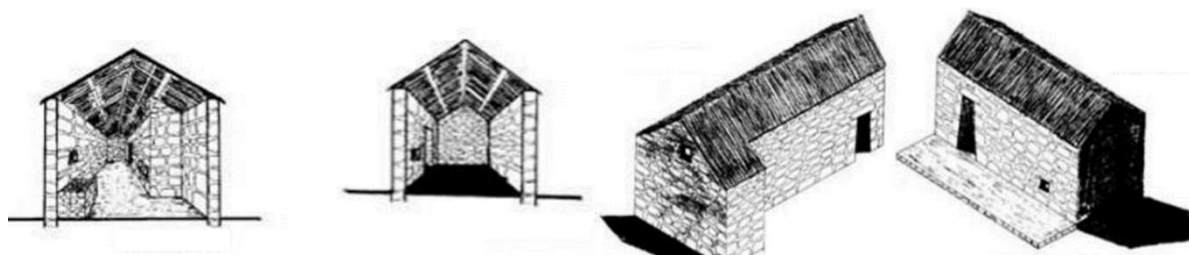


Figura 44: reconstrução isométrica de duas tipologias da cultura *Churajón*. Fonte: (ÁLVAREZ, 2000)

Mas este processo foi evoluindo; os Puquinas desenvolveram formas primitivas, já os Tiahuanaco e Huari, utilizaram a pedra com mais destreza, mas de dimensões pequenas, os Churajón consolidaram o jeito de construir no vale do Arequipa, e finalmente os Incas chegaram ao vale e com eles outros costumes de construir como o uso do adobe (figura 45).

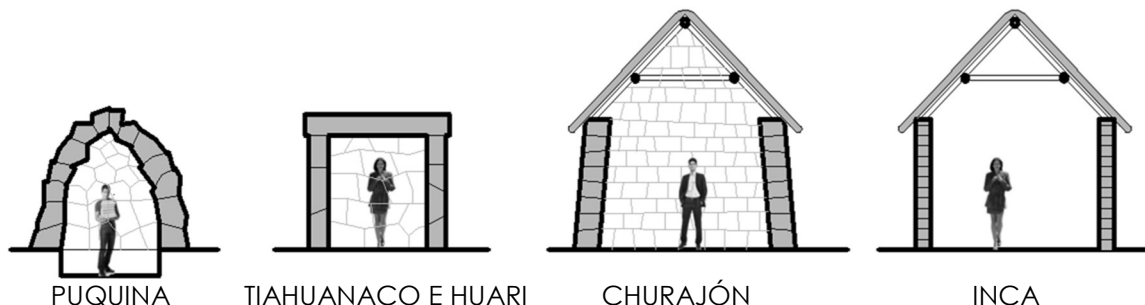


Figura 45: hipótese do processo de modelos vernáculos em Arequipa. Fonte: elaboração do autor baseado em (BERNEDO, 1949)

Destaca-se o perfil das plataformas em forma de escadarias, onde a casa sobressai como um paralelepípedo com uma cobertura em duas águas (figura 46).

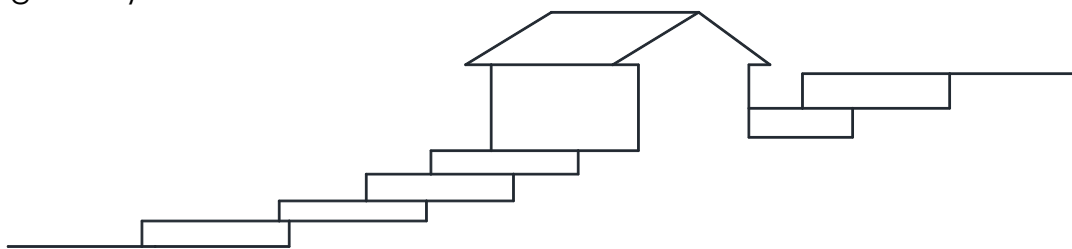


Figura 46: abstração das formas pré-hispânicas. Fonte: elaboração do autor

A macro e a micro estruturas construtivas eram compostas principalmente por pedras locais, como os *andenes* que se adaptavam ao terreno, e também as casas com pedras locais que formavam as paredes (figura 47).

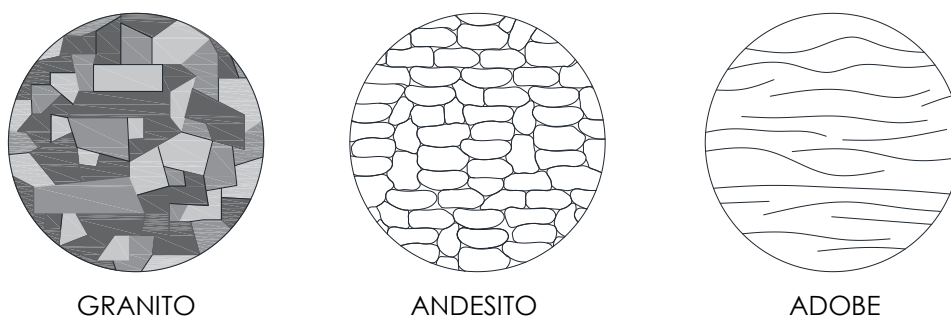


Figura 47: texturas de muros e paredes de pedras locais no período pré-hispânico. Fonte: elaboração do autor baseado em figuras de centros arqueológicos

A figura 47 à esquerda mostra esquemas de texturas das pedras, com diferentes tonalidades de cor, e uma aparente desordem, mas em conjunto formam elementos geométricos bem definidos, principalmente para a construção das paredes.

Através do uso de materiais locais, sistemas construtivos e costumes, estes povos criaram uma identidade com respeito ao meio ambiente. Com características únicas, definindo tipos de composição nas paredes, de acordo com a área de intervenção, assim como a construção nas montanhas, pela geologia do terreno mais resistente aos sismos e também o uso das *andenerias* como sistema construtivo (figura 48).

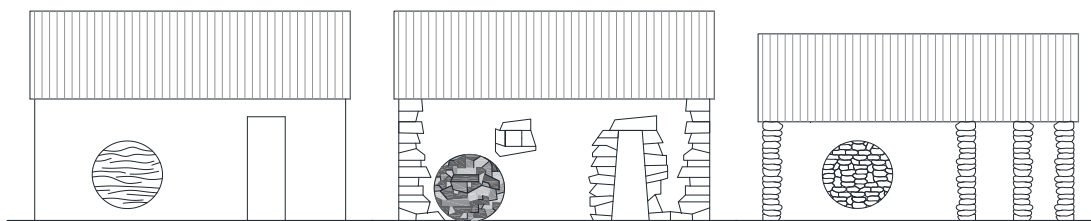


Figura 48: fachadas das casas pré-hispânicas. Fonte: elaboração do autor baseado em figuras de centros arqueológicos

Do lado esquerdo da figura 48 inspirado no centro arqueológico Churajón com pedra granito, ao meio a pedra andesito que é mais arredondada do centro arqueológico *El Pillo*, e do lado direito a textura do barro inspirada em casas de barro e pedra das casas Incas.

O conjunto da paisagem (andenes e estrutura habitacional) de forma orgânica, a disposição, proporção e integração com seu meio ambiente tornava esta intervenção humana esteticamente agradável.

Os movimentos sísmicos condicionaram as dimensões das casas e o tipo material, assim como a inexistência local de alguns materiais, como a madeira.

2.2.4 Economia do método

O uso de elementos locais e naturais fazia com que o trabalho não fosse custoso, além da mão de obra, os materiais eram obtidos pela comunidade (autoconstrução).

A maioria das casas tinha um pátio interno, ao redor estão os quartos pequenos e de mediana dimensão (figura 49), as medidas são entre 3m de comprimento e 2,50m de largura, os maiores de 9m x 3,80m, as casas tinham um andar. As paredes são de pedra de forma irregular, um pouco mais regulares na união entre paredes, janelas e vãos de acesso. As paredes apresentam fundações com 30 a 40 cm de profundidade, existem também muros duplos com recheio de terra entre eles, que variam entre 1,20m a 45cm. As coberturas tinham dupla inclinação com material de *Ichu* (similar à palha) que é abundante nestas zonas. O piso era de terra e nivelado. As janelas eram retangulares e pequenas (17cm x 10 cm). (ÁLVAREZ, 2000).

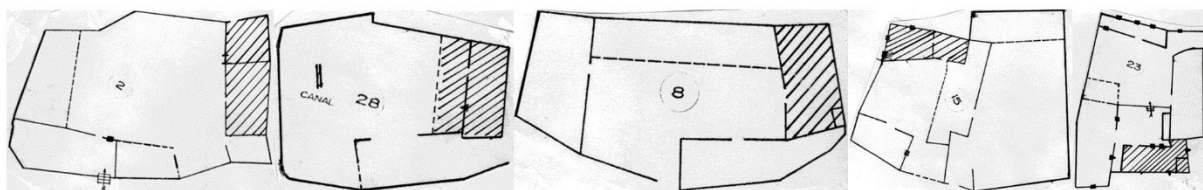


Figura 49: planta baixa das casas no complexo arqueológico Churajón. Fonte: Álvarez (2000)

A forma de implantação apresenta um conjunto habitacional aglutinado com ruas pequenas e orgânicas.

Ao nível doméstico, a casa estava organizada espacialmente através da cancha ou pátio central, definida por sua vez pelos cômodos, tornando-se assim o elemento principal de distribuição (figura 50).

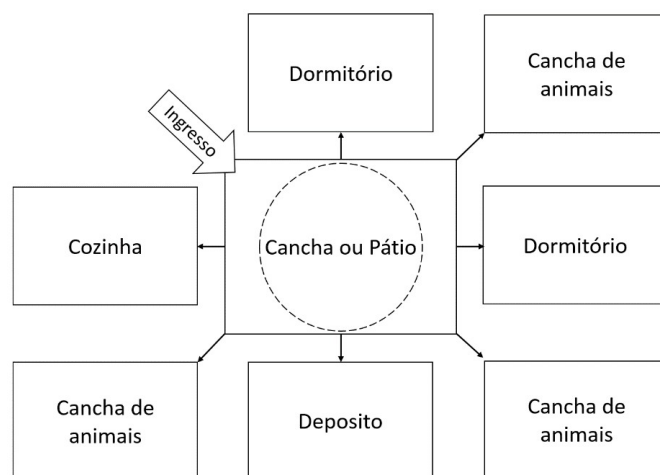


Figura 50: organograma de uma casa pré-hispânica. Fonte: elaboração do autor

As fundações eram de pedras arredondadas, para estabilizar o chão. Sobre estas se construíam as paredes de pedras, nas quinas destes as pedras são mais regulares de modo que funcionavam como colunas. Sobre estas paredes acoplavam-se ramos de árvores de modo a estruturar a cobertura (figura 51).

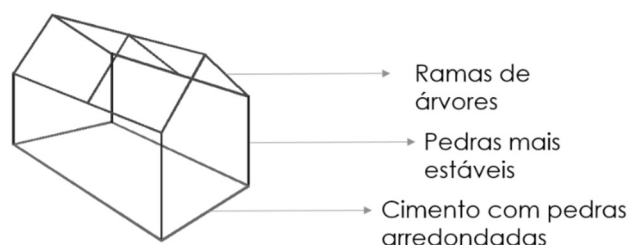


Figura 51: esquema estrutural de uma casa pré-hispânica. Fonte: elaboração do autor

O conjunto de moradias era protegida por uma muralha ao redor das montanhas ante possíveis invasões de outras culturas. Do ingresso da casa se acessava a cancha ou pátio e deste aos cômodos (figura 52).

Figura 52: esquema de público, privado da casa pré-hispânica. Fonte: elaboração do autor

A disposição dos cômodos contornando o pátio, possibilitava diversas atividades e novos padrões de uso, mas a forma construída, rígida não permitia ampliar ou reduzir os ambientes. Atualmente podemos ver o mesmo conceito principalmente nas áreas rurais.

Assim, torna-se possível identificar quatro características em comum nas estruturas habitacionais destas culturas; o uso de materiais locais, o modulo da casa com a cobertura em duas águas, a distribuição da casa ao redor do

pátio e a implantação nas montanhas (figura 53).

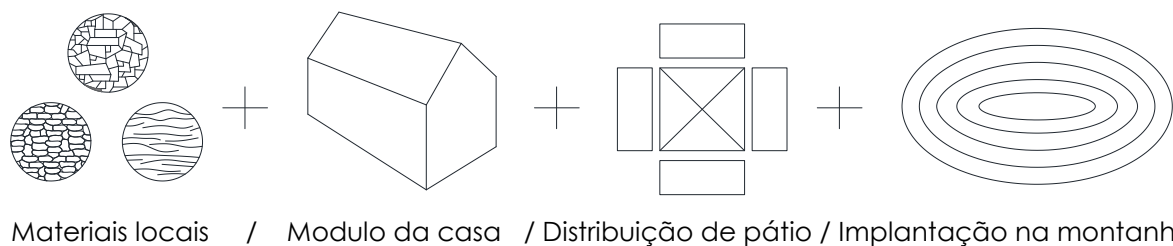


Figura 53: esquema de elementos repetitivos. Fonte: elaboração do autor

2.2.5 Materialidade

Diferenciam-se três formas de construir, principalmente as paredes. O estilo Inca apresenta uma coluna de pedras revestida com barro, Churajón com pedras encaixadas em formatos relativamente regulares e unidas sem nenhum tipo de argamassa, Pillo contém uma parede dupla de pedra e meio preenchido com barro. As coberturas em todos os casos eram de galhos e ramos de árvores de Molle, revestidas com lchu. Utilizavam também cimentos com pedras locais (figura 54).

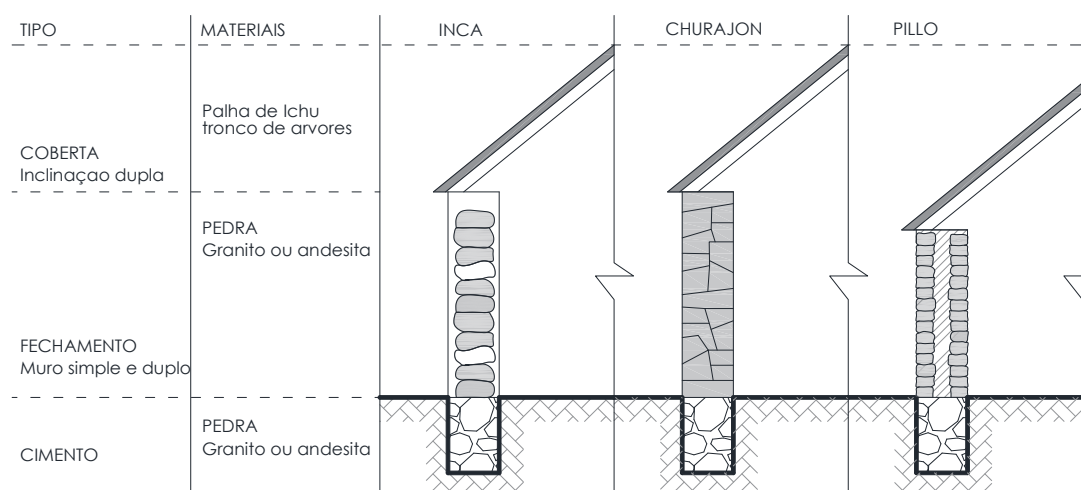


Figura 54: sistema construtivo de tipologias pré-hispânicas. Fonte: elaboração do autor baseado em fotografias de centros arqueológicos

Os materiais utilizados para a construção das casas e andenerias eram: andesito, granito, lchu (figura 55). A pedra granito encontrava-se nas mesmas montanhas onde construíam as edificações, estas podiam ser polidas e cortadas. A pedra andesito era extraída dos rios e proximidades e por isso era mais utilizada para construção das andenerias.



Figura 55: materiais utilizados para edificações na época pré-hispânica. Fonte: imagem de Google Earth

É preciso falar também das tecnologias agrícolas ou *andenerias*, já que foram o sustento econômico e de sobrevivência destes povos. Desenvolveu-se principalmente nas ladeiras das montanhas e proximidades dos rios, constituindo assim uma grande área verde hoje denominada campina de Arequipa, declarada patrimônio histórico nacional.

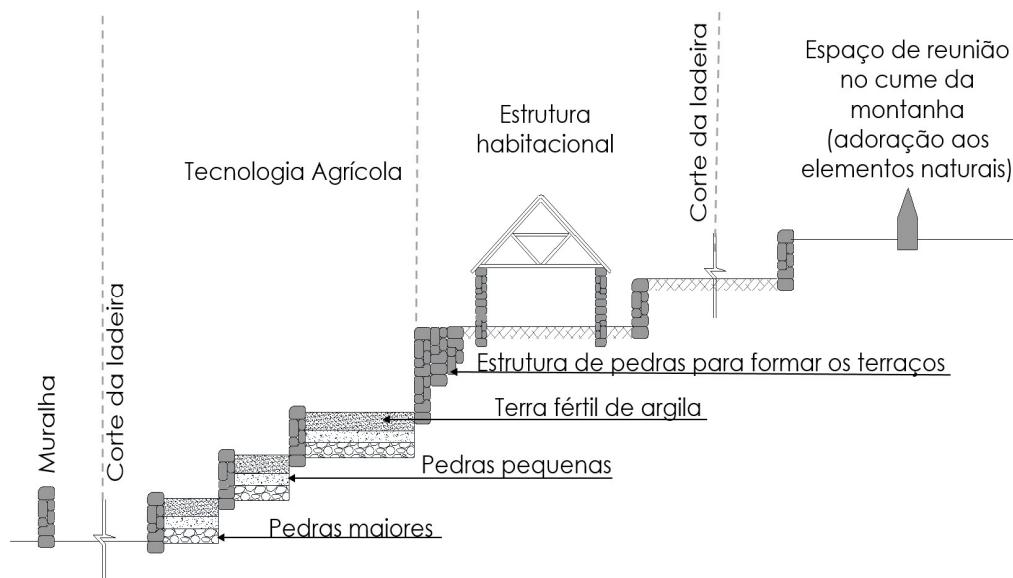


Figura 56: esquema de implantação das áreas agrícolas e habitação. Fonte: elaboração do autor

No centro arqueológico o *Pillo*, construíram-se terraços em forma de escadas de 12 e 6 m, sobre estas estruturas construíram casas de formas retangulares de 6 x 2 m (OQUICHE, 1993).

Em Buena Vista, terraços, formando espaços amplos de 10 x 5m ou 5 x 3m, com muros de 1,80 e 1,00m com a finalidade de diminuir a inclinação da montanha, e sobre estes construíam muros de pedras mais pequenos com uma altura aproximada de 1.80m (LÓPEZ, et al., 2015).

Em Yumina, há terraços com aparente forma orgânica, de comprimento de 10 a 12m e de largura 3 e 6m. Em alguns lugares há terraços com até 30 m (CARDONA, 2015).

Sonqonata é caracterizada por suas plataformas paralelas e alongadas, de forma orgânica, onde no seu interior se distribuem as casas formadas geralmente de um pátio com duas habitações de forma quase quadrangular.

No centro arqueológico Kasapatac há terraços de 20 x 5 m, sobre os quais construíram casas retangulares de 12 x 6, 5 x 10 m. e de 6 x 3 m, com ladeiras em forma de terraços, com estruturas desordenadas, aglutinadas, e passadiços tortuosos (ÁLVAREZ, 2000) e (LÓPEZ, et al., 2015).

Assim, como foi descrito, os aspectos materiais e construtivos, estão ligados aos aspectos culturais e estéticos, como o uso dos materiais locais e a técnica de construir. Estes correspondem a cada uma destas culturas, através de conhecimentos que foram transmitidos de uma à outra ao longo do tempo.

2.3 ARQUITETURA VERNÁCULA POR SÍNTESE – COLONIAL

Analizou-se com maior ênfase a etapa colonial (proto-hispânico, barroco e neoclássico), onde se destacou o uso da pedra vulcânica sillar, e selecionando a tipologia de habitações (casarões e casas populares). Depois desta etapa surgiram novas tipologias seguindo vários estilos: Neogótico, Eclético, Art Nouveau, Art Deco, Tudor, Vasco, etc., que não serão analisadas neste trabalho pois, resultaria em demasia complexo.

2.3.1 Relação do lugar e ambiente

Com a chegada dos espanhóis em 1540, fundou-se a Cidade de Arequipa no atual centro histórico (figura 57), perto do Rio Chili, nesta área encontrava-se uma comunidade chamada Yarabayas, de origem pré-hispânica, sobre a qual foi implantado o traçado denominado “damero espanhol”.

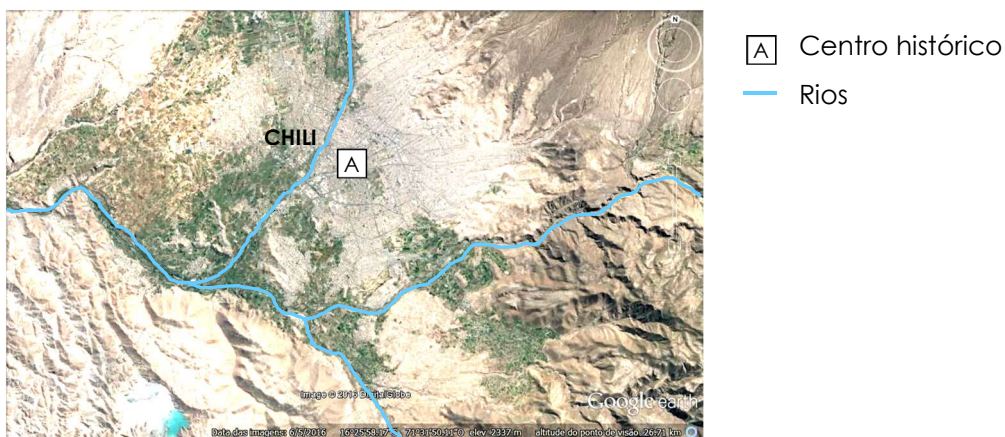


Figura 57: localização do centro histórico de Arequipa. Fonte: imagem Google Earth

As edificações monumentais de cor branca fazem contraste com a outra paisagem resultado de época anterior (pré-hispânica) (figura 58).



Figura 58: vista aérea do centro histórico de Arequipa. Fonte: skyscrapercity.com

A inclinação predominante do terreno é 2,5% e não apresenta variações demasiado abruptas, já nas proximidades da bacia do Rio Chili a inclinação é 9,1% ou 30° aproximadamente (RAMIREZ 2002), o que ajudou no

desemboque dos canais de água que passavam pelo meio das ruas até o Rio Chili.

Desde o centro histórico pode-se observar do lado oeste o Rio Chili, junto com a campina de Arequipa e do lado norte e leste os vulcões, como imagem de fundo (figura 59).



Figura 59: visuais da campina de Arequipa e os vulcões. Fonte: skyscrapercity.com

Com respeito a relação interior / exterior, inicialmente, foi construído o “damero espanhol”, e estava constituída por 49 quadras (figura 60), com o decorrer do tempo as áreas da periferia foram adicionando-se com critérios pontuais (J. ALMODÓVAR 2006). Portanto deu-se início a simbiose do rural urbano, não sendo estabelecidos limites entre ambos.



Figura 60: plano de Arequipa, ano 1800. Fonte: (RAMIREZ 2002)

Este núcleo central de edificação é diferente das áreas rurais, o predomínio da rocha vulcânica sillar com que as edificações eram construídas, a pouca vegetação (hortas nas casas) e a pedra negra granito das ruas que absorviam rapidamente o calor, aumentando assim a temperatura local, registra-se 27°C na área central, mas nas rurais, 22°C num dia de verão (LLANQUE 2003).

A orientação da trama urbana na época colonial é de azimuth 20° Norte (figura 61), paralelo ao rio Chili o que permitia o desemboque dos canais de água no rio, estes canais passavam pelo meio das ruas o que permitia a

umidificação natural. Os ventos provenientes do Sudoeste atravessam o rio Chili, o que ajuda no resfriamento do ar e sua umidificação durante o dia.



Figura 61: trama urbana do centro histórico de Arequipa, orientação 20°norte. Fonte: (ALMODÓVAR, et al. 2012)

Os espanhóis trouxeram algumas plantas como por exemplo Amora, Pino, Eucalipto (figura 62), e diversidade de flores, que são espécies exóticas, portanto requerem maior quantidade de água e nutrientes. Por outro lado o uso de hortas nos casarões ajudava no microclima favorável ao conforto dos usuários. Destaca-se nesta época o uso dos cavalos, de forma tal que as casas tinham cavaleriças nos fundos.

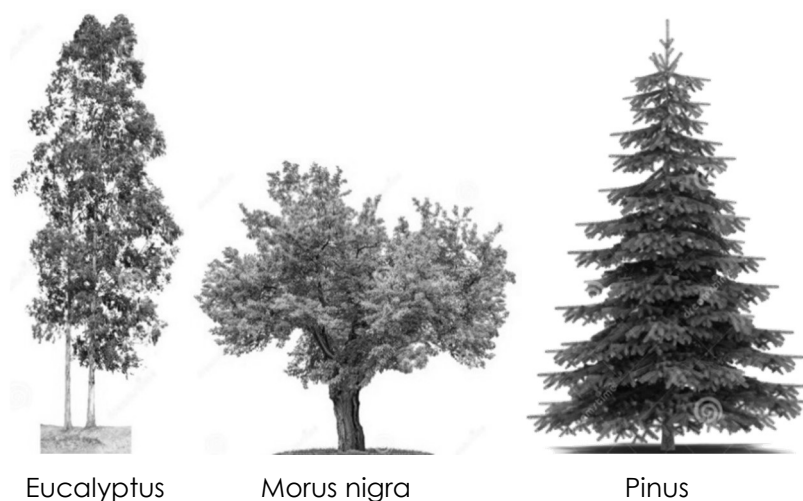


Figura 62: árvores trazidas pelos espanhóis para Arequipa. Fonte: dreamstime.com

2.3.2 Elementos culturais

Em Arequipa se produz uma síntese cultural dos povos pré-hispânicos, espanhóis e descendentes destes, resultado de um crisol de mestiçagem que forjou a cidade, por conseguinte a influência do rural sobre o urbano foi muito marcada, o que confere uma originalidade própria (QUIROZ 2005).

A arquitetura doméstica na Espanha apresenta influência da vivenda de Roma, com a utilização de argila cozida e aportes como a abóbada de canhão, arcos e muros duplos, assim como da cultura Árabe com a organização da casa entorno ao pátio e aporte da cúpula, portanto a

arquitetura em Arequipa apresenta algumas destas características (BENAVENTE 2015).

O setor da população majoritário eram os espanhóis ou seus descendentes, que se dedicavam ao comércio e a exploração da campina, paralelamente existia uma população indígena que se ocupava do serviço e da construção (J. ALMODÓVAR 2006).

A classe social favorecida era a dos espanhóis, a seguir seus descendentes e após os indígenas. Em Arequipa não há registros sobre escravidão. A construção era guiada pela Lei das índias, o alarife supervisava as obras e os artesãos indígenas a construíam (figura 63).

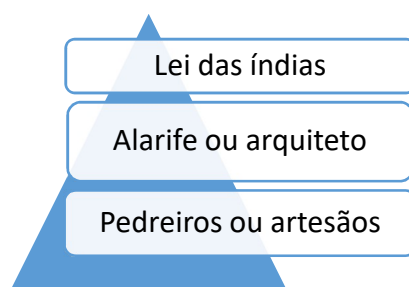


Figura 63: hierarquia base para a construção das edificações na colônia. Fonte: elaboração do autor

Os elementos simbólicos são próprios da civilização local antes da chegada dos espanhóis, assim podemos ver símbolos representativos andinos nas igrejas propriamente cristãs, isto se deve porque quem a projetava (normalmente índio) lavrava o que para ele era familiar ou reconhecia como próprio, como por exemplo, máscaras de felinos e flora andina (figura 64) (J. ALMODÓVAR 2006).



Figura 64: gárgulas de felinos típicos dos andes. Fonte: google earth

Os espanhóis na tentativa de evangelizar os locais ao cristianismo criaram igrejas e conventos. As casas senhoriais também possuíam pequenos santuários destinados para a família. O convento de Santa Catalina é um claro exemplo de integração da arquitetura hispânica na colônia (figura 65). A igreja da companhia destaca-se pela sua ornamentação com símbolos andinos.



Figura 65: convento Santa Catalina (esquerda) e Igreja claustros de companhia (direita).
Fonte: Infocap (2015)

2.3.3 Simplicidade da forma e construção

O estilo que configura a arquitetura desta época tem sua essência na qualidade altamente geométrica de design, com uma técnica e repertório decorativo de base autóctone (J. ALMODÓVAR 2006). Inicialmente apresenta a mesma forma dos cômodos da época pré-hispânica com pequenas diferenças nos vãos e nas quinas de paredes com pedras mais uniformes aproximadamente até o século XVII (figura 66). Já consolidado um sistema construtivo que era resistente aos sismos desenvolvido nas igrejas, com formas abobadadas e paredes duplas de um aspecto sólido do predomínio do cheio sobre o vazio, este foi levado posteriormente à área residencial, no século XVIII aproximadamente. Com a revolução industrial, utilizou-se aço nas coberturas com telhados planos (figura 67) e paredes de menor espessura o que possibilitou aberturas de vãos maiores.



Figura 66: casa em chivay, Arequipa similar à época Proto-hispânica (esquerda). Imagem hipotética de Arequipa século XVII (direita). Fonte: Infocap (2015) e Ríos (2014)



Figura 67: imagem hipotética de Arequipa
Casa teto abobadada. Casa teto plano. Fonte: Ríos (2014)

seculo XVIII

Desta época destaca-se o uso do sillar como material exclusivo pela sua fácil manipulação na sua extração e para a construção, assim como para esculturas e decorações (figura 68), junto com o sistema construtivo aplicado a múltiplas construções de diversos usos (pontes, moinhos, igrejas, casas, conventos, etc.)



Figura 68: múltiplas utilidades do uso da pedra vulcânica sillar. Fonte: elaboração do autor

A simples vista, a diferença das edificações encontra-se nas coberturas: do primeiro estilo Proto-hispânico destacam-se as duas águas similar às tipologias pré-hispânicas. Do estilo barroco e neoclássico, o teto abobadado, já os demais estilos como o neo-renascentista, predomina o teto plano horizontal (figura 69).

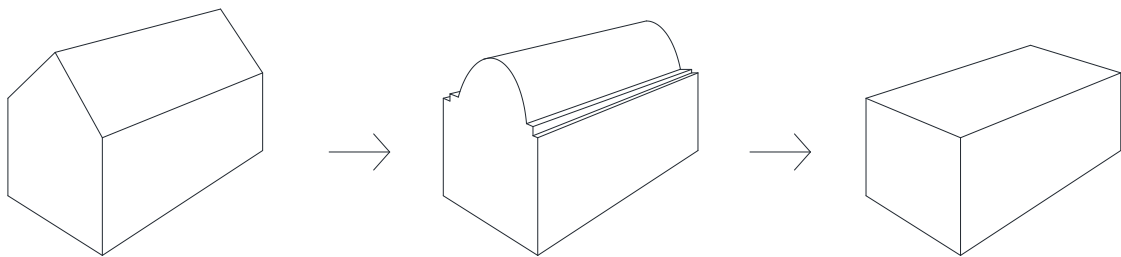


Figura 69: abstração dos ambientes do estilo vernáculo por síntese. Fonte: elaboração do autor

Destaca-se a ornamentação principalmente nas portadas (figura 70).

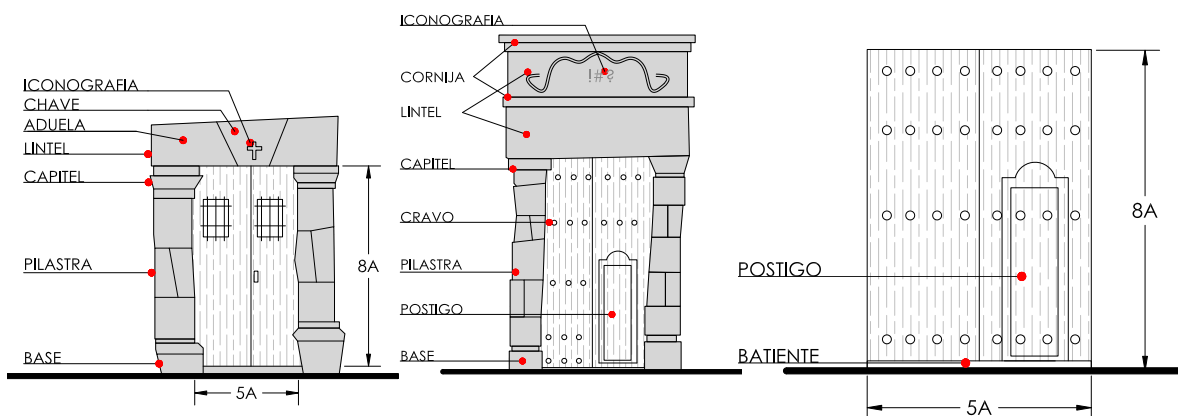


Figura 70: muros, portas e distribuição da casa Proto-Hispânica. Fonte: adaptado pelo autor com desenhos de (PALOMINO, 2012)

A arquitetura deste período é um exemplo representativo da adaptação da arquitetura espanhola a situações climáticas e culturais diferentes, onde se fusionaram caracteres hispânicos com os nativos, criando

assim um estilo regional e adquirindo características próprias. A arquitetura típica regional equivale em grande medida a dizer autêntica (BENAVENTE 2015). A arquitetura de Arequipa comporta um estilo original que deve ser chamado mestiço e cuja característica definitiva é dada principalmente pelos elementos de sua ornamentação (QUIROZ 2005). Até o século XIX a cidade de Arequipa ainda conservava alguns materiais e sistemas construtivos (figura 71).



Figura 71: Arequipa século XIX. Fonte: atlas de Geografía del Perú de Mariano Paz Soldán, 1864

A textura do material da pedra vulcânica sillar, assim como a proporção dos elementos do edifício, faziam com que as construções desta época fossem esteticamente agradáveis.

Poderíamos dizer que os movimentos sísmicos contínuos foram um desafio para o desenvolvimento das construções em Arequipa, mas ajudaram a consolidar e desenvolver um sistema construtivo adequado para o lugar.

2.3.4 Economia do método

O uso da pedra vulcânica sillar, facilitou a construção das edificações, popularizando o sistema construtivo.

No começo do período colonial a arquitetura local se caracterizou pela adaptação às técnicas europeias, em termos de expressões formais e estéticas. A tipologia arquitetônica constitui-se de aposentos dispostos num quadrilátero ao redor de um pátio central (figura 72).

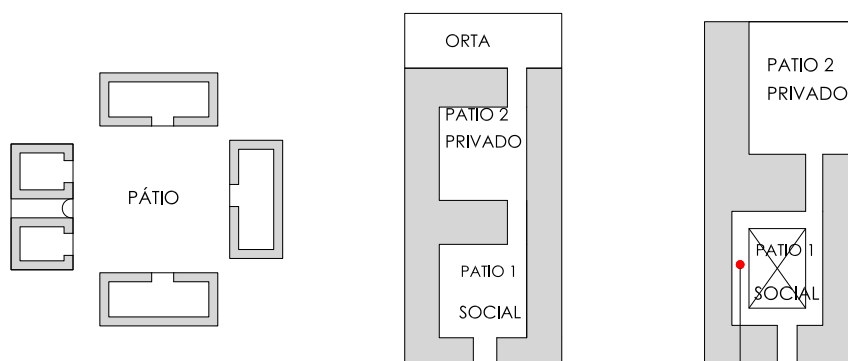


Figura 72: distribuição em planta de tipologias, proto-hispânico, barroco/neoclássico e neorrenacentista respectivamente. Fonte: adaptado pelo autor de desenhos de (PALOMINO 2012)

A primeira etapa de transição do hispânico ao colonial denominado como proto-hispânico, conservou em sua totalidade suas características próprias, adicionando-se pedras mais regulares nas quinas das paredes e nos vãos, que muitas vezes eram de sillar (figura 73).

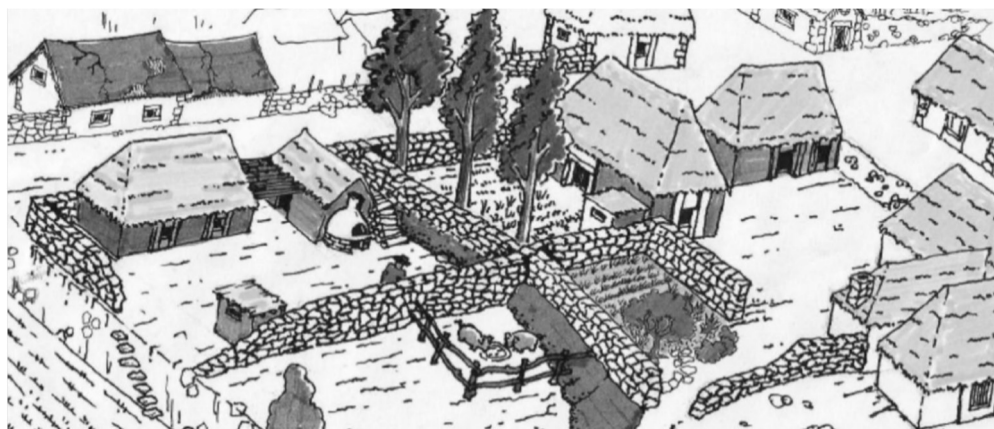


Figura 73: imagem hipotética do estilo proto-hispânico, também denominado como "rancherías". Fonte: centro de pesquisa e projetos da Universidade Católica de Santa María de Arequipa.

Os estilos barroco e neoclássico apresentam três tipologias recorrentes, variando as dimensões dos cômodos e o número dos pátios (figura 74).

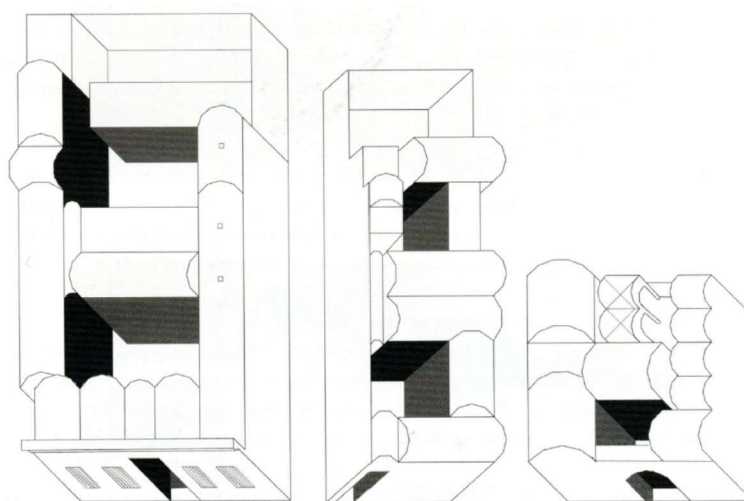


Figura 74: variação de tipologias de casas de estilo barroco e neoclássico. Fonte: (BUSTAMANTE 2006)

Os cômodos que estão ao redor do pátio central, apresentam uma largura reduzida em torno de 4 metros. Há uma comunicação entre todos os ambientes a qual possibilita uma grande fluidez espacial (figura 76), além de uma passagem interior que comunica a área de serviço da casa (figura 74) (J. ALMODÓVAR 2006). A organização espacial se baseia na construção em torno de pátios, derivado da própria geometria do lote (figura 75).

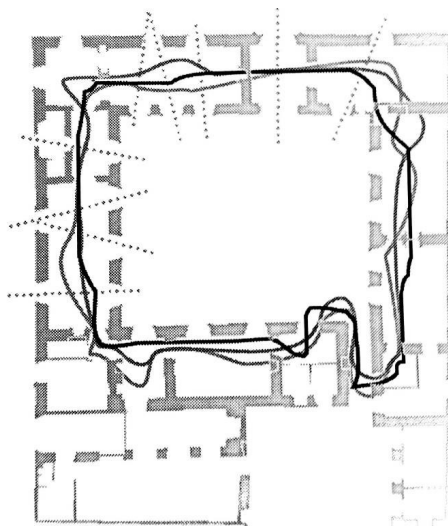


Figura 75: fluidez espacial da casa moral. Fonte: (J. ALMODÓVAR 2006)



Figura 76: esquema de organização espacial da casa senhorial de Arequipa. Fonte: centro de pesquisa e projetos da Universidade Católica de Santa María de Arequipa.

Inicialmente a estrutura da cobertura era em madeira, apoiada sobre paredes de pedra ou em adobe (figura 77). Depois de vários anos de experimentação, espessas paredes duplas e o teto abobadado se consolidaram na arquitetura colonial, adaptando melhor a arquitetura aos constantes movimentos sísmicos sofridos pela cidade (figura 78).

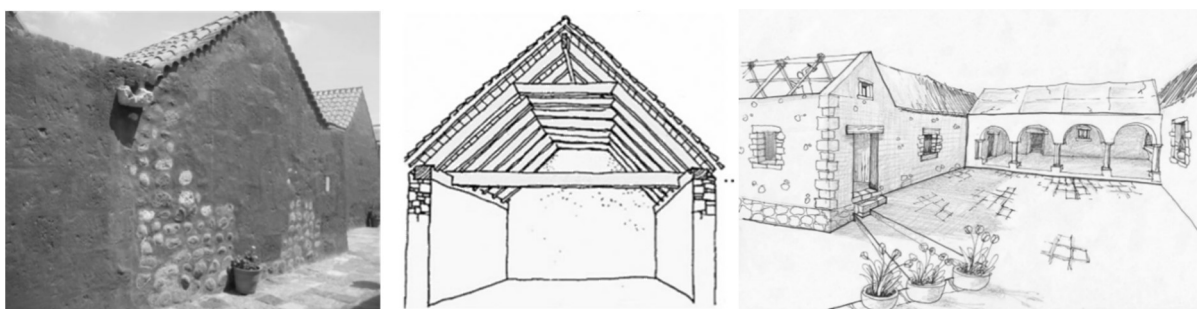
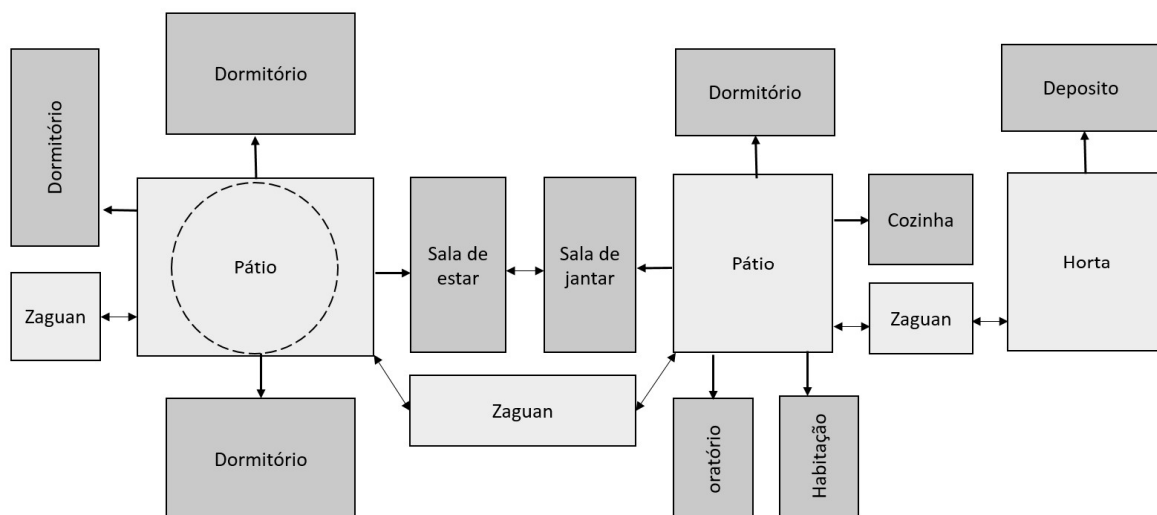


Figura 77: estrutura de um ambiente do Monastério de Santa Catalina em imagem hipotética do sistema construtivo do século XVII ou proto-hispânico. Fonte: Ríos (2014)



Figura 78: imagens do sistema estrutural de muro duplo de sillar e tetos abobadados. Fonte: Rioz (2014)

A resistência e a flexibilidade desta tipologia de edificação é comprovada até aos dias atuais, já que a maioria destas casas, não é mais de uso residencial, muitas são hotéis, escolas, museus, centros cívicos, restaurantes, etc. devido principalmente a sua fluidez espacial e a distribuição em torno a pátios permitindo sua adaptação a diversos usos funcionais (figura



79).

Identificou-se também uma repetição quanto à materialidade das construções, quando se altera a escala e adequando-a para cada tipologia (figura 80).

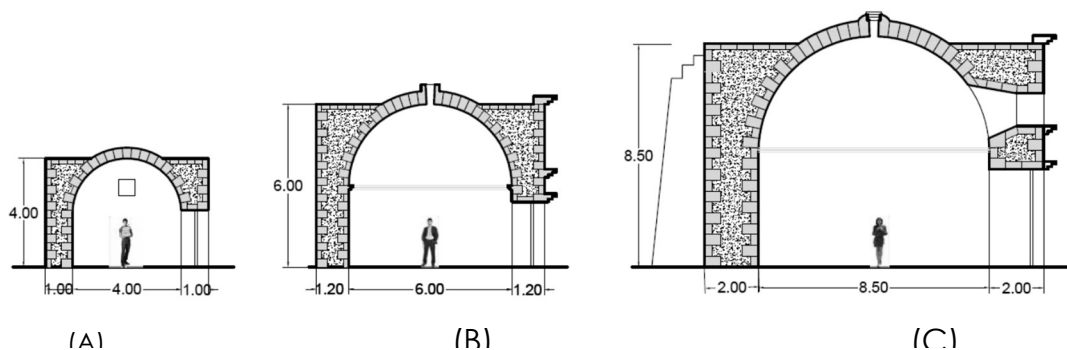


Figura 80: repetição da materialidade dos modelos vernáculos por sínteses em Arequipa. (A)

Figura 79: organigrama de uma casa típica em sillar. Fonte: elaboração do autor

Casa popular (B) Casa senhorial (C) Igreja. Fonte: adaptado pelo autor de (BUSTAMANTE 2006)

Inicialmente as construções em sillar e abobadas foram para a elite, mas com o decorrer do tempo o sistema se popularizou, tornando-se acessível para toda a população.

2.3.5 Materialidade

O muro duplo de sillar com espessura de 0,80 a 1,20 metros e o teto abobadado, foi o sistema mais desenvolvido na época colonial, de modo tal que foi a base para a construção da maioria das tipologias (igrejas, residências, moinhos, pontes, etc.), isto devido a sua resistência contra os movimentos sísmicos (figura 81). Foi um processo de adaptabilidade, através do conhecimento empírico sobre os terremotos ocorridos. O proto-hispânico, ainda com cobertura de palha antecedeu em termos de adaptabilidade ao pré-hispânico e aos modelos espanhóis, (figura 82). A partir de 1600 os estilos adaptaram-se com maior identificação aos cânones europeus como o barroco e o neoclássico (PALOMINO 2012), já com o estilo neo-renascentista dá-se o início da aplicação com materiais industriais, como as coberturas com estrutura em aço.

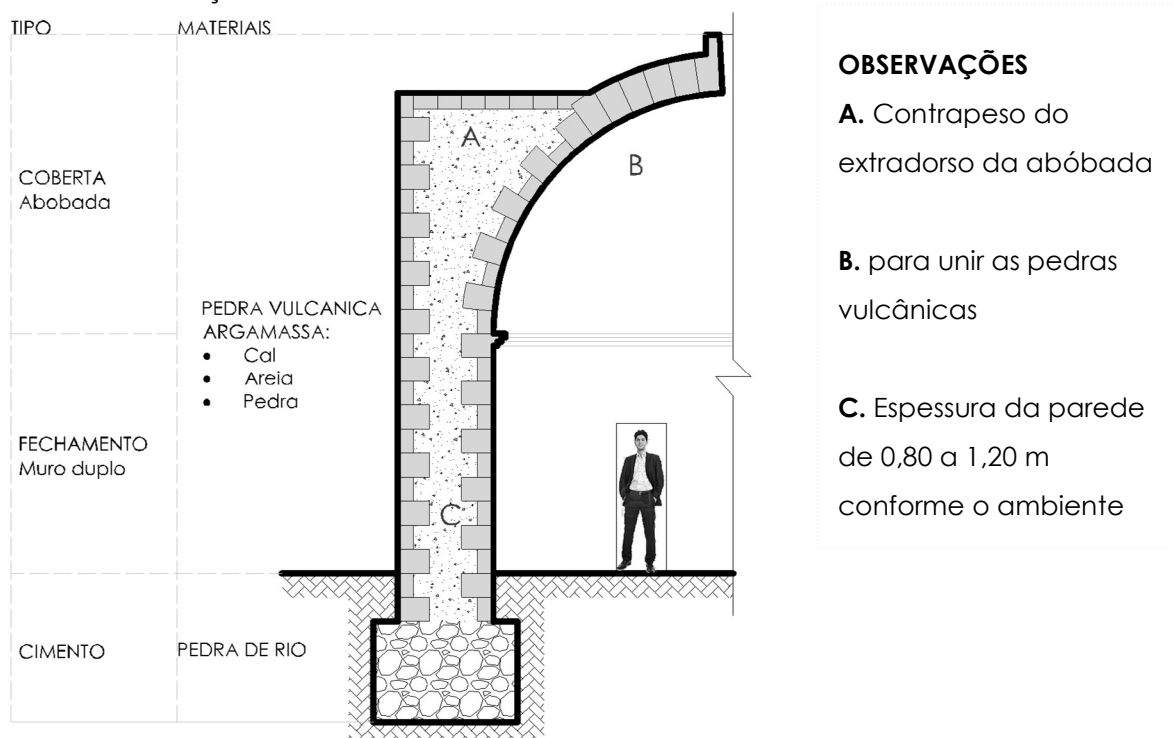


Figura 81: sistema construtivo base para a construção das tipologias (barroco e neoclássico). Fonte: elaboração do autor

Inicialmente as paredes eram de pedra ou de adobe, e no marco dos vãos era utilizada a pedra branca vulcânica sillar e as coberturas em palha

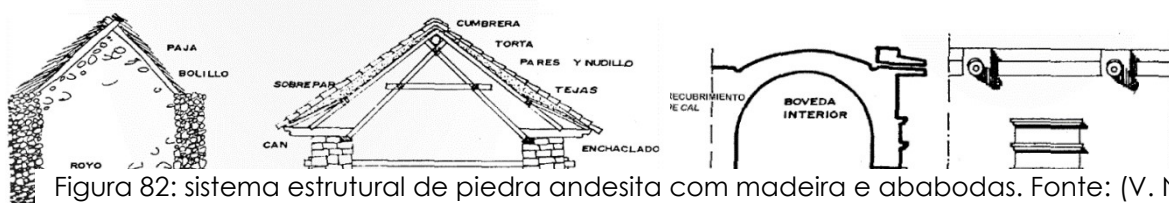


Figura 82: sistema estrutural de pedra andesita com madeira e abobadas. Fonte: (V. N. BENAVENTE 2015)

(proto-hispânico) (figura 82).

O material exclusivo utilizado para as construções era a pedra vulcânica *sillar* para as paredes e coberturas, além do cal, areia e pedra granito ou andesito para cimentos e argamassas (figura 83).

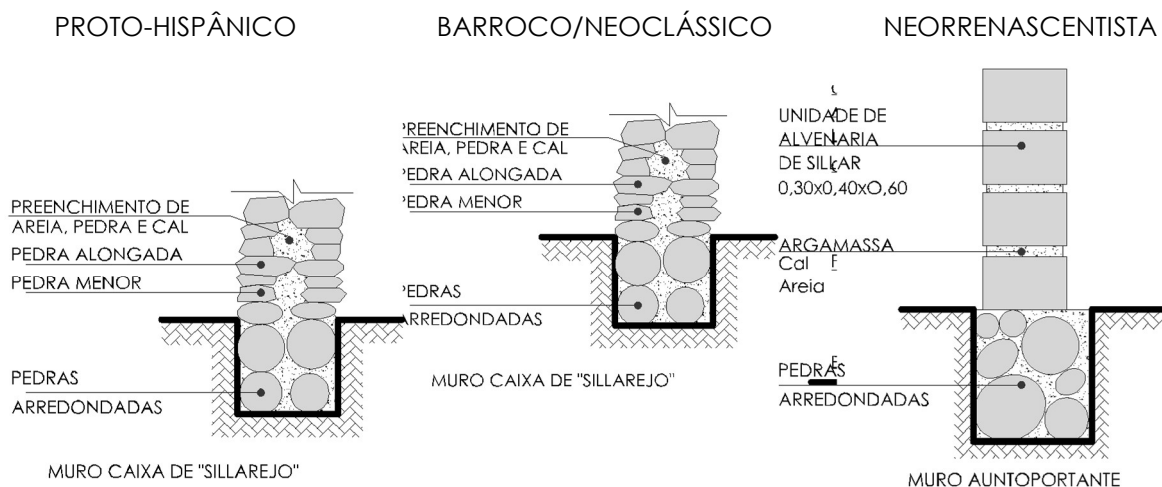


Figura 83: fundações e paredes do processo do sistema construtivo, . Fonte: adaptado pelo autor de desenhos de (PALOMINO 2012)

Utilizando as técnicas europeias, principalmente do período românico na Europa, como paredes duplas, contrafortes, arcos e abóbadas, foi-se formando uma nova estética construtiva através da exploração da pedra vulcânica *sillar*. Gonzalo-Ríos (2015) descreve a arquitetura em Arequipa como estética da resistência e sustenta que a melhor arquitetura é aquela que evidencia dentro de suas estratégias compositivas, as leis que regem o contexto onde se implanta, como os sismos e as erupções vulcânicas.

2.4 ARQUITETURA "VERNÁCULA MODERNA" – REPUBLICANO

Desta etapa será analisada a arquitetura chicha, cabe indicar que não são encontrados muitos estudos de análise sobre o fenômeno denominado neste documento como vernáculo moderno.

Nos tempos recentes foram construídos importantes equipamentos urbanos para a cidade, seguindo a influência da arquitetura mundial. Mas, há também um estilo popular que muitos autores denominam de *vernáculo moderno*, a arquitetura Chicha. É essencialmente um fenômeno urbano e produto dos movimentos do campo à cidade, onde o migrante erige sua casa na cidade.

2.4.1 Relação do lugar e ambiente

A arquitetura chicha desenvolveu-se ao longo do território de Arequipa metropolitana, mas com maior frequência nas áreas limítrofes da cidade (figura 84), onde o migrante encontrou um espaço ante a inexistente planificação do crescimento da cidade.

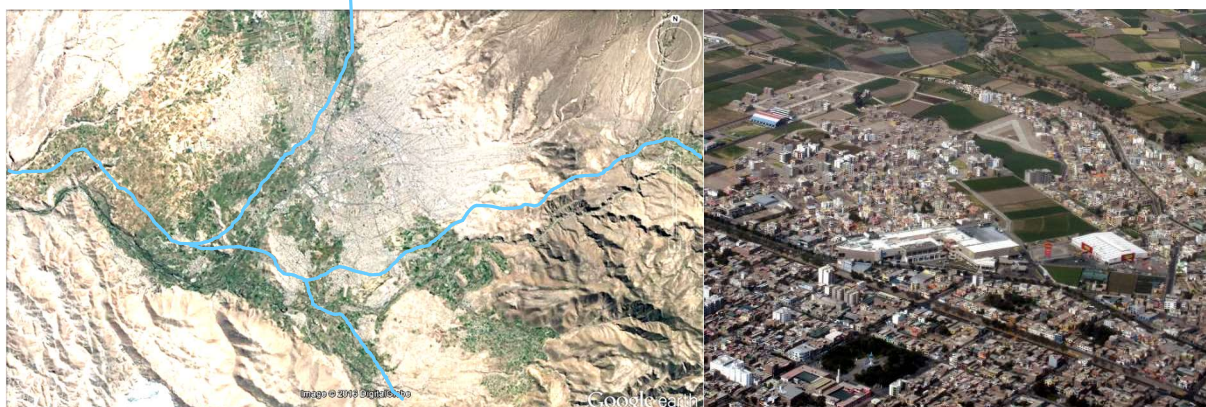


Figura 84: implantação das estruturas habitacionais e agrícolas em Arequipa. Fonte: imagem Google Earth

Atualmente o panorama que se vê na cidade de Arequipa é de uma cidade horizontal, predominando habitações de dois andares e com pouca vegetação, principalmente nos novos assentamentos urbanos.

No vale há uma predominância de terrenos planos, rodeados por montanhas, como se estivessem inseridos numa panela (figura 85) e por isso são apresentados problemas de ventilação a grande escala.

Arequipa sempre terá uma predominância visual de seus vulcões, mas deve-se garantir também a paisagem oferecida por uma campina muito bem desenvolvida, como nas épocas passadas.

A cidade não tem limites claros definidos, porque sempre está em constante crescimento, de maneira informal as periferias urbanas são invadidas, produto de uma má planificação da cidade e um déficit de habitações (Figura 86).

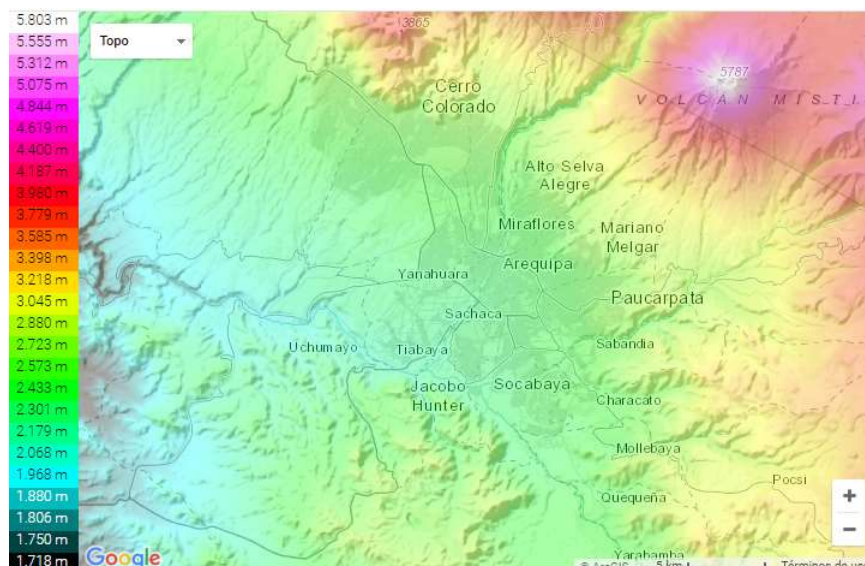


Figura 85: topografia geral de Arequipa. Fonte: es-pe.topographic-map.com



Figura 86: crescimento da cidade em áreas limítrofes de maneira informal. Fonte: Diego Ramos Lupo, Revista Frase Corta

Definitivamente os novos assentamentos em Arequipa, principalmente em áreas onde não há influência da campina, são os menos favorecidos, criam-se zonas mais quentes pela escassez da vegetação, como é o caso de alguns distritos (alto Cayma, alto Miraflores, etc.).

A orientação de Arequipa é muito variada, em alguns casos seguindo o terreno, em outros por simples crescimento desordenado e sem planificação, portanto não se encontrou uma orientação predominante.

2.4.2 Elementos culturais

A Cultura Chicha é a representação da cultura mestiça das cidades peruanas, alude ao encontro das diversas identidades que se acunham no Peru e se manifesta nas artes da Cidade. A arquitetura se identifica mais no plano de códigos e signos.

Arequipa ainda guarda alguns costumes em relação a suas atividades cotidianas como o uso do pátio, embora atualmente está sendo utilizado também a cobertura da casa.

A cidade apresenta uma composição familiar média de 5 pessoas, considerada como baixa, o grau de instrução universitária é de 52%, assim como a região de origem é da serra. Quase 70 % da população é casada e apresenta um nível socioeconômico médio. Predominam três filhos nas famílias e 61 % são mestiços. Arequipa é uma cidade predominantemente católica. Entre as atividades que mais realizam em seu tempo livre está dormir, ler, sair com amigos e passear em família. (CASTRO, et al. 2013).

PORCENTAGEM DA INTEGRAÇÃO FAMILIAR, GRAU DE INSTRUÇÃO, E REGIÃO DE ORIGEM

Integración familiar			Grado de instrucción				Región de origen		
Alto	Medio	Bajo	Pri.	Sec.	Tec.	Univ.	Costa	Sierra	Selva
10.8	26.6	62.6	4.0	27.2	16.8	52.0	5.5	94.2	0.3

PORCENTAGEM DE ESTADO CIVIL E NÍVEL SOCIOECONÔMICO

Estado civil						Nível socioeconómico				
Solt.	Cas.	Viú.	Div.	Sep.	Conv.	MB	B	M	A	MA
6	68.4	1.9	1.9	3.5	18.3	6.8	33.4	51.1	8.4	0.3

PORCENTAGEM DE NUMERO DE FILHOS E RAZA

Número de hijos								Raza			
0	1	2	3	4	5	6	7-10	Blan.	Mest.	Indi.	Neg.
0.6	15.3	34.2	28.4	12.2	4	3.8	1.5	34.7	61	1.8	2.5

PORCENTAGEM POR RELIGIAO

Católica	Evangélica	Cristiana	Adventista	Mormón	Ateo	Agnóstico	Ninguna
84.4	3.4	10.1	1.0	1.3	0.3	0.4	0.1

PORCENTAGEM DAS ATIVIDADES QUE FAZEM AS FAMILIAS EM SEU TEMPO LIVRE

Dormir	Leer	Salir con amigos	Comer fuera	Deportes	Orar	Ver TV	Descansar	Pasear en familia
28.3	24.7	19.8	2.2	2.7	0.5	2.1	0.1	19.6

Figura 87: variáveis socioeconômicas da família em Arequipa. Fonte: Castro et. al. (2013)

De acordo com Burga (2010) na Arquitetura Chicha atua o código duplo, uma dupla leitura que justapõe o rural e o urbano, o vernáculo e o moderno, o ornamental e o prático, o histórico e o futurista, o provinciano e o metropolitano, o tradicional e o atual, o artesanal e o industrial.

A Arquitetura popular: é aquela que o imigrante erige na cidade, é em sua casa que ele resume em uma iconografia específica os elementos que considera mais característicos da arquitetura urbana, os quais permitirão uma integração e adaptação mais rapidamente (BURGA 2010).

As construções seguem alguns parâmetros através da normatividade. Algumas construções são realizadas por profissionais ou por autoconstrução (pedreiros ou usuários) (figura 88).

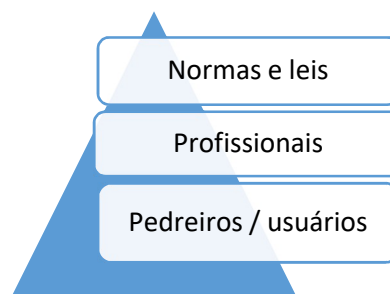


Figura 88: hierarquia base para a construção das edificações na República. Fonte: elaboração do autor

2.4.3 Simplicidade da forma e construção

A altura da casa aumenta com o decorrer do tempo, inicialmente é de um andar e vai crescendo conforme a família também cresce, variando a altura de 1 até 5 andares, (figura 89 e 90). Não foi possível encontrar uma forma definida ou comum (gráfico 1).

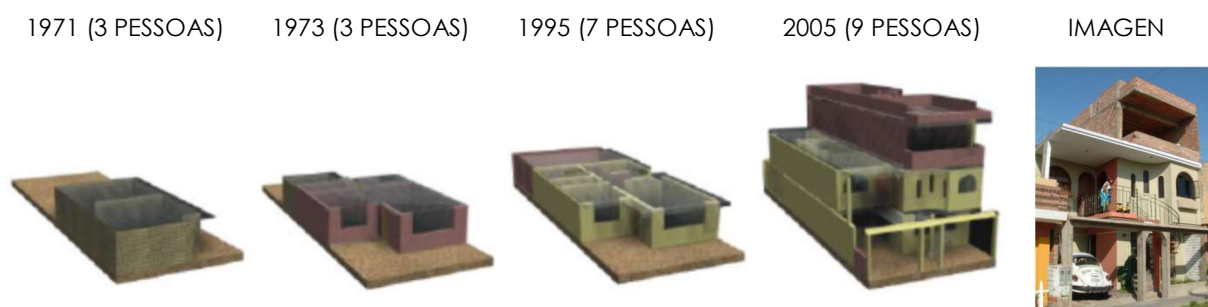


Figura 89: Representação da evolução da Arquitetura Chicha no Peru. Fonte: (TOKESHI 2009)

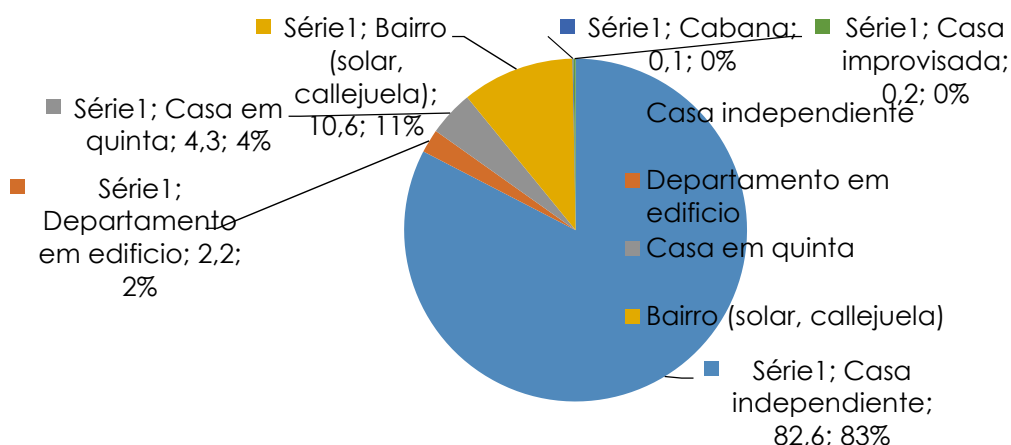


Gráfico 1: tipos de habitação da região de Arequipa no ano 2010. Fonte: elaboração do autor, dados INEI (2011)



Figura 90: evolução da arquitetura "vernáculo moderna". Fonte: elaboração do autor

Analisou-se através do "street view google" mais de duzentas fachadas de casas em diversos distritos da cidade (figura 91) e identificou-se algumas características repetidas em comum. Destaca-se uma estrutura pronta no último andar para uma possível ampliação, simulação da cobertura em duas águas com revestimento de telhas. Pisos superiores em balanço; vãos em forma de arco; barras em janelas e no perímetro da fachada; pequeno jardim exterior; ingresso pela garagem; escada exterior, calha para chuva; e cerâmicas com imitação de pedras.



Figura 91: fachadas das tipologias vernáculas "modernas". Fonte: google earth

Na procura da identidade, a arquitetura em Arequipa tenta copiar elementos simbólicos dos períodos antepassados, principalmente na simulação das coberturas inclinadas como era na época pré-hispânica e os vãos em forma de arco como era no período colonial, assim como cerâmicas com estampas de pedras e revestimentos de sillar.

Como opinião própria, consideramos que a maioria das construções não apresenta uma estética agradável, pois a composição dos elementos não apresenta uma proporção, nem uma organização básica.

No âmbito econômico, a necessidade de resistir aos sismos contribui para encarecer a estrutura da edificação. Também pressionam os elevados custos dos terrenos e casas, tornando de difícil acesso uma moradia própria em Arequipa.

2.4.4 Economia do método

Nos últimos anos, as tipologias foram evoluindo e se adaptando a seu entorno, assim apareceram novas tipologias funcionais. O fato da maior procura por habitações concorreu para uma subdivisão dos lotes, mas também o crescimento da edificação em altura. A habitação unifamiliar está se convertendo em coletiva e a configuração da habitação inclui uma escada exterior (figura 92) (PEZO 2011).

As construções da última década, já quase não utilizam a ornamentação, as mudanças obedecem ao processo de adaptação dos migrantes à cidade. A evolução da organização funcional da habitação chicha evoluiu, desenvolvendo tipologias não vistas anteriormente (PEZO 2011).

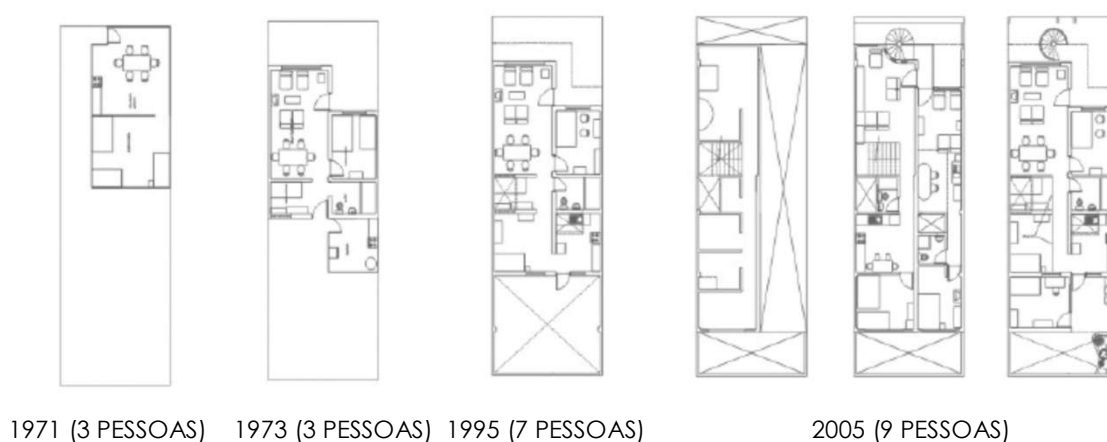


Figura 92: evolução da casa que cresce com a família. Fonte: Pezo (2011)

Entre as características internas e externas da casa, são encontradas cores diversas, o segundo andar em balanço com coberturas inclinadas, as janelas que se assemelham à aparatos eletrodomésticos com vidros coloridos. O interior das edificações segue uma configuração espacial dirigida pela família que vai ampliando e se modificando através do tempo, como sinal há a escada exterior, mostrando que a casa cresce com a família. Novas peles, edificações inacabadas, onde os vergalhões se sobressaem nas quinas, o que constitui um sinal de progresso para os moradores (figura 93) (TOKESHI 2009).

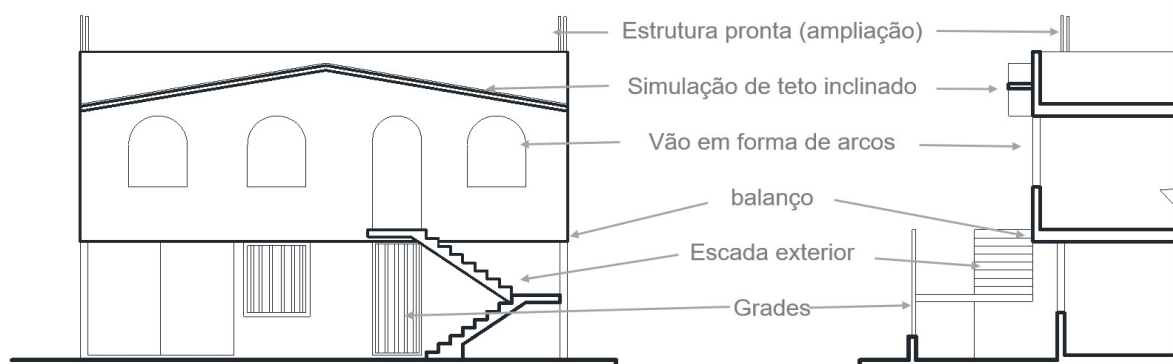


Figura 93: síntese gráfica de características das fachadas de habitações em Arequipa (2016). Fonte: elaboração do autor

2.4.5 Materialidade

O Sistema construtivo utilizado é “albañilería confinada”, uma técnica construtiva, em que são utilizados tijolo de argila, colunas, vigas e fundações de concreto armado, etc., com o objetivo de suportar os efeitos de um terremoto (figura 94).

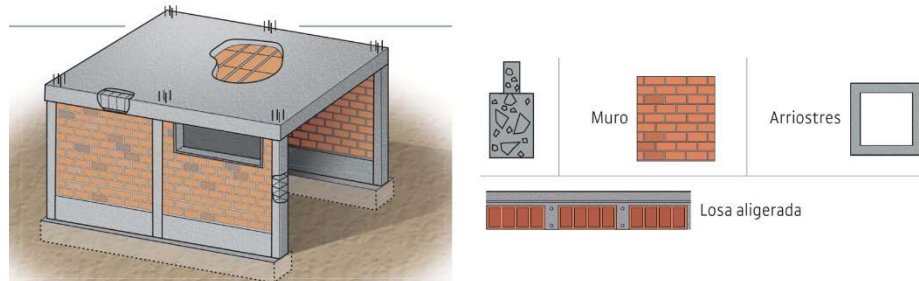


Figura 94: elementos estruturais da casa “vernacula moderna”. Fonte: Aceros Arequipa

Os materiais utilizados na arquitetura chicha são: as paredes e coberturas compostas de tijolos de argila, revestidas geralmente com cerâmica. Apresentam figuras simulando outros materiais, como pedras ou madeiras; a estrutura é de concreto armado (gráficos 2, 3, 4 e figura 95).

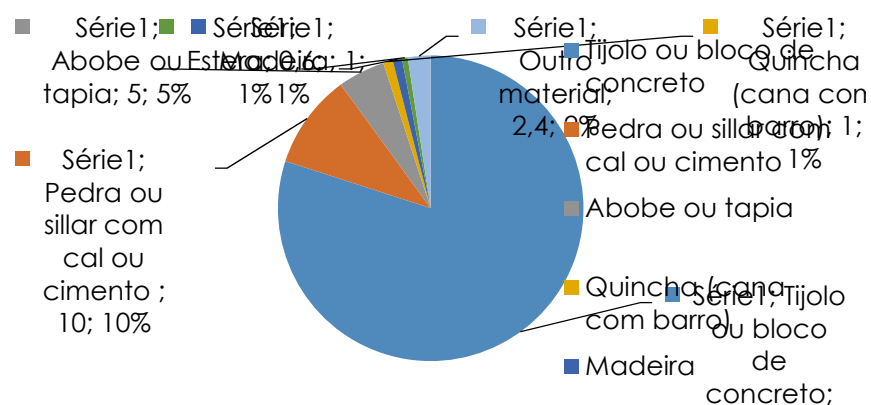


Gráfico 2: materiais predominantes nas paredes exteriores na área urbana da região de Arequipa (média entre os anos 2000 – 2010). Fonte: elaboração do autor, dados INEI (2011)

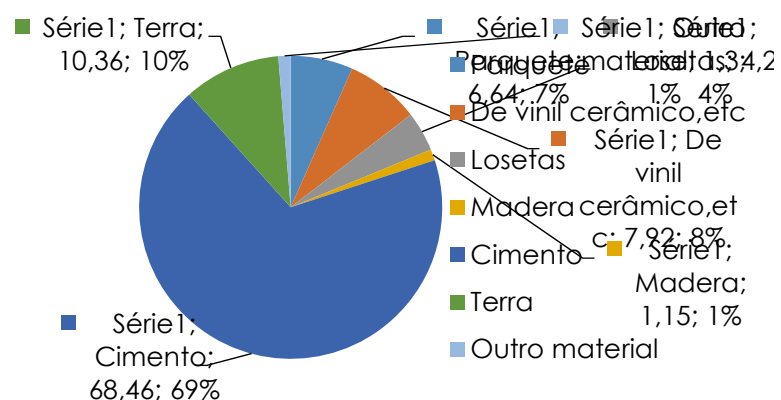


Gráfico 3: materiais predominantes nas pisos na área urbana da região de Arequipa (média entre os anos 2000 – 2010). Fonte: elaboração do autor, dados INEI (2011)

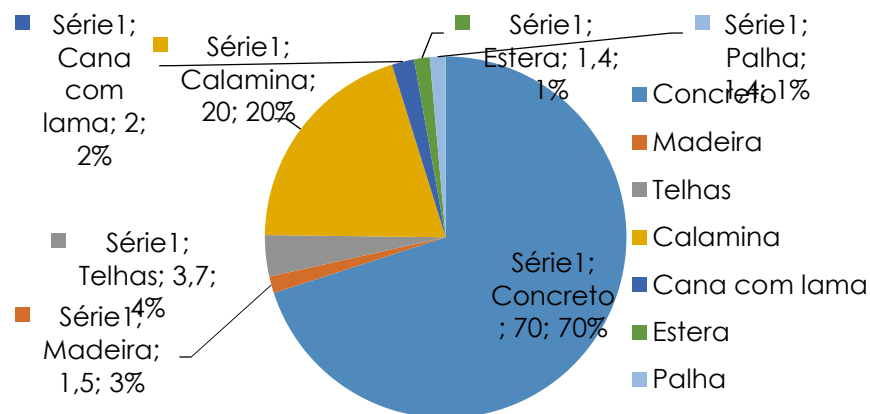


Gráfico 4: materiais predominantes do telhado na área urbana da região de Arequipa (média entre os anos 2006 – 2009). Fonte: elaboração do autor, dados INEI (2011)

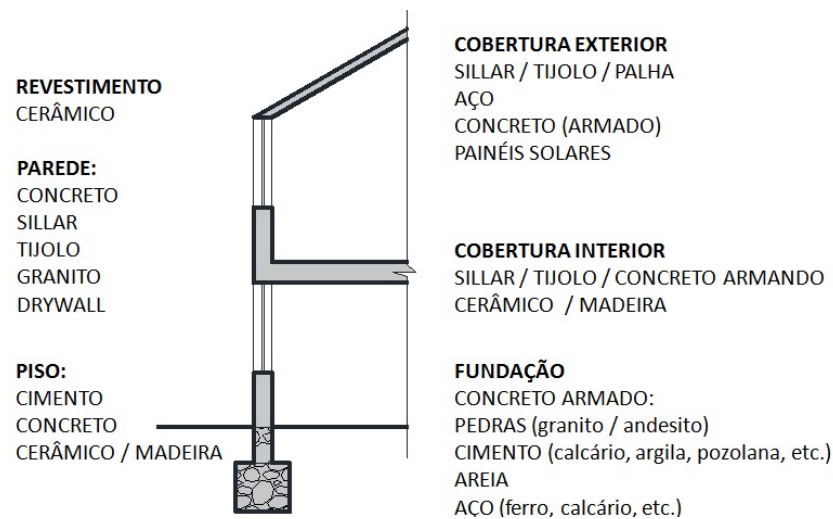


Figura 95: materiais de construção da tipologia vernácua moderna. Fonte: elaboração do autor

Algumas das tecnologias atuais utilizadas nas casas são em maioria para o aquecimento de água através de painéis solares, localizados de forma independente da estrutura da casa.

2.5 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme analisado, observamos que a forma construída da arquitetura vernácula foi de acordo com a época, costumes, etc. resultado de suas limitações geográficas, econômicas, técnicas, etc.

A apropriação das tecnologias tradicionais para projetos contemporâneos é através de uma compreensão intuitiva do que pode ser aplicado ao design. Portanto definimos alguns critérios que acreditamos que possam contribuir ao ambiente construído, assim como para casas de baixa renda.

2.5.1 Relação do lugar e ambiente

Possibilitar a implantação de novos assentamentos em algumas montanhas da cidade, que favorece uma resistência aos frequentes sismos, além do predomínio visual do território, e também para aproveitar as condições climáticas e recursos naturais (ventilação, radiação solar, água, etc.), através de terraços habitacionais e áreas verdes. A localização no quadrante oeste é favorável para capturar os ventos frescos do dia e a radiação solar da tarde para aquecer os cômodos e para que estes possam conservar a energia durante a noite.

Reflorestar as periferias e novos assentamentos humanos da cidade (alto Cayma, alto Miraflores, Cono Norte, etc.), inspirados na concepção dos *andenes*, pois esta tecnologia tradicional favorece a economia da água, adaptação ao terreno, além de uma arquitetura paisagista em relação a seu entorno.

Estabelecer uma regulamentação efetiva para a conservação dos sítios arqueológicos pré-hispânicos e do centro histórico, para assim evitar a continua deterioração destas áreas, que são de vital importância e inspiração para novos empreendimentos e memória da cidade.

Proteger a campina, porque esta se mostra de vital importância para a qualidade de vida do cidadão, pois entre várias coisas, umidifica e melhora a qualidade do ar, em uma área considerada como desértica, além da topografia e implantação da cidade não favorecer a renovação do ar, portanto ela constitui um importante elemento ambiental para o desenvolvimento sustentável da cidade.

Utilizar vegetação nativa, a qual é a mais recomendável para Arequipa, já que é formada por plantas xerofíticas adaptadas a condições de baixa precipitação (76.25 +/- mm TA), radiação solar muito alta e prolongada, umidade atmosférica baixa (35 % média anual), e ao solo árido (LINARES, 2008). Assim, por exemplo, há árvores de *Huarango*, *Tara*, *Quenoa*, *Molle*, *Vilco*, etc. que se adaptam às condições geográficas e climáticas do lugar. Nesse sentido seria interessante uma avaliação da proteção da sombra destas árvores, para um adequado uso no meio urbano em proteção dos raios solares.

Evitar o uso de vegetação de origem exóticas (eucalipto, mora, pino, etc.) que consomem em demasia recursos hídricos e nutrientes, que atualmente estão cada vez mais escassos.

Aumentar a densidade das edificações para evitar o contínuo crescimento horizontal da cidade, que incentiva o percurso de grandes distancias, além das más condições de habitabilidade dos novos assentamentos informais.

Definir uma ótima orientação do traçado urbano, isto dependerá das múltiplas variáveis ambientais, ventilação, acústica, térmica, visual, etc. A orientação 45° Norte , conforme descrito mostrou-se favorável, mas não pretende-se definir uma única orientação, pois varia em cada lugar através de um equilíbrio entre as variáveis envolvidas.

2.5.2 Elementos culturais

Analisar os costumes do usuário para o desenvolvimento do programa dos espaços. Destaca-se o pátio como elemento organizador e uso para atividades cotidianas.

Reforçar o pensamento quase religioso da relação com os elementos naturais, através da adaptabilidade ao sol e ventos das edificações, principalmente entre os profissionais envolvidos.

Compreensão sobre a forma construtiva e não só copiar os elementos simbólicos sem entender sua concepção funcionalista, pois muitas vezes perde seus valores conceituais, como por exemplo a simulação da cobertura de dupla inclinação, onde há diminuição da intensa radiação solar, quando comparada a uma superfície horizontal.

Evitar imitação de matérias locais em texturas de cerâmica e utilizar os verdadeiros materiais para não perder suas propriedades adaptadas às condições locais.

A forma e dimensões dos vãos devem responder ao equilíbrio visual, acústica e ventilação, não somente copiando as formas em arcos.

É importante a intervenção do usuário na concepção do projeto, para satisfazer as suas necessidades de espaço, assim como definir o que para ele é importante em termos socioculturais, como por exemplo, na época colonial, nas fachadas em estilo barroco, o artesão apropriou-se do estilo através de figuras de fauna e flora local, assim como gárgulas em forma de felinos.

A participação do cidadão no projeto arquitetônico deve ser integrada à elaboração da formação e transformação tipológica da unidade habitacional. Deixar espaços para que o usuário possa apropriar-se através da autoconstrução, porque esta dará uma identidade, sem comprometer a funcionalidade do projeto.

Observa-se uma oportunidade na reinterpretação dos valores vernáculos, principalmente quando o usuário tenta copiar elementos simbólicos do passado.

2.5.3 Simplicidade da forma e construção

Projetar edificações com predomínio do cheio sobre o vazio, com dimensão menor dos vãos como proteção contra o frio da noite, tendo em consideração o equilíbrio entre iluminação natural e ventilação.

Propor um protótipo ou modelo construtivo adaptado às condições locais, que possa ser repetido para economizar custos, possibilitando sua flexibilidade para diferentes usos.

Utilizar materiais locais como a rocha sillar, andesito. A textura destes apresentam diferentes tonalidades que dão uma expressão construtiva, identidade e adaptação a seu entorno.

Procurar a simplicidade da forma para economizar custos. Com geometrias simples, pode-se inspirar no paralelepípedo com inclinação dupla da cobertura, assim como abobadados. Definir a disposição dos cômodos ao redor do pátio sempre que for possível.

Utilizar tetos inclinados ou abobadados para proteção contra as chuvas de verão e diminuição da radiação solar direta.

A disposição da forma do edifício deve permitir uma possível ampliação no futuro.

2.5.4 Economia do método

Definir um sistema que possa repetir-se na maioria dos projetos, como por exemplo o uso de materiais locais (andesito e sillar), disposição entorno de um pátio central, protótipo formal através de coberturas inclinadas ou abobadados e implantação adequada ao entorno, etc.

Utilizar recursos locais para diminuir custos principalmente no transporte.

Uso da mão-de-obra local.

Dispor espacialmente os cômodos de forma tal que configure um ou mais pátios, sempre que for possível.

Projetar ambientes flexíveis que se adaptem ao tempo, com fluidez espacial para evitar possíveis demolições.

Projetar edificações com grande durabilidade para economizar recursos, exemplo disto são as construções feitas com rocha sillar.

Definir um espaço de distribuição e organização, considerando os domínios privados, públicos e semiprivados.

Não limitar-se ao sistema construtivo em concreto armado. Aplicar um sistema construtivo que seja acessível à economia do usuário local. Inovar com novos sistemas que garantam a resistência sísmica.

2.5.5 Materialidade

Utilizar materiais locais (granito, andesito, etc.) observando a redução da poluição do ambiente. Estes são materiais com propriedades termo-acústicas adaptadas aos rigores climáticos locais, consoantes com o conforto do usuário,

Experimentar sistemas construtivos que se adaptaram aos movimentos sísmicos, que não encareça significativamente o projeto.

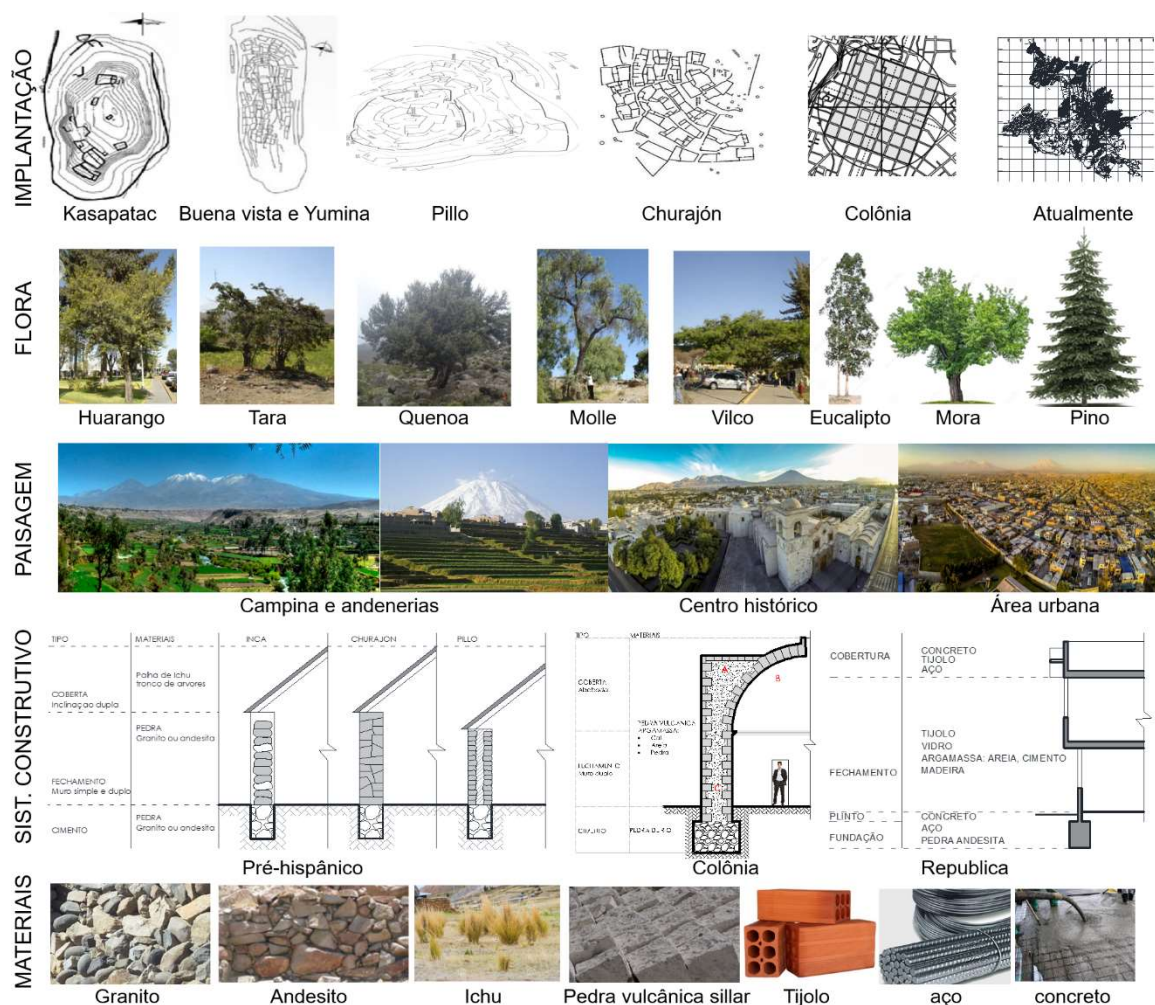
Em montanhas ou terrenos inclinados utilizar o sistema construtivo através de plataformas inspirados nas andenerias, para o tratamento do terreno.

Expressão construtiva através dos materiais locais, procurando uma identidade.

Evitar o uso de materiais que gerem muita poluição tanto na sua produção, como na construção da obra.

Uso de painéis solares para o aquecimento da água.

2.5.5 Síntese Gráfica



SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA ARQUITETURA VERNÁCULA EM AREQUIPA – PERU

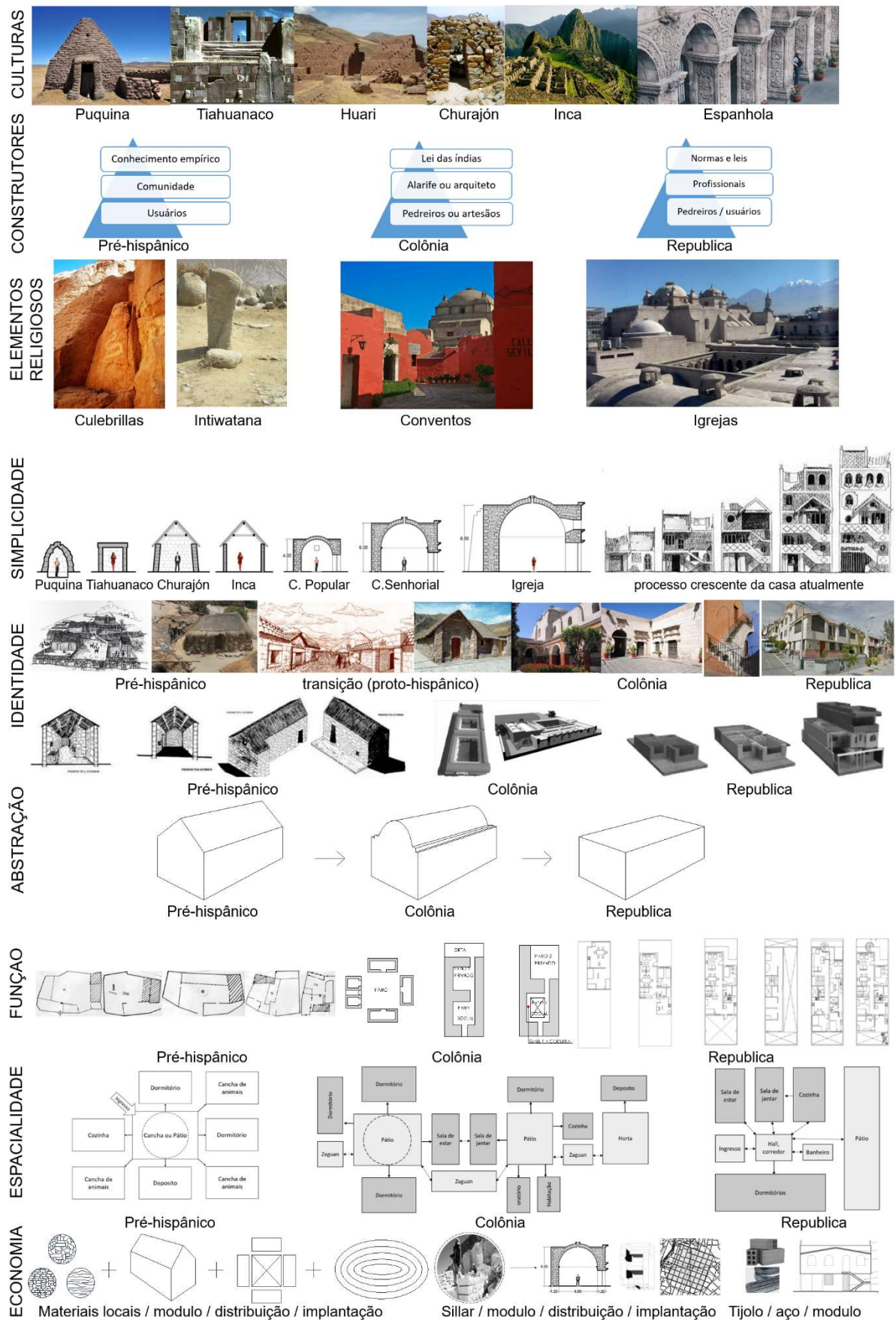


Figura 96: síntese gráfica da evolução da arquitetura vernácula em Arequipa. Fonte: elaboração do autor

CAPITULO 3- ESTUDO DE CASOS

No capítulo anterior, “tipologias vernáculas”, identificaram-se alguns elementos e características das habitações vernáculas que podem ser avaliadas com relação ao conforto ambiental. Objetivou-se coletar informações da arquitetura vernacular no contexto dos princípios sustentáveis visando o desenvolvimento projetos de habitações de interesse social. De posse destas informações procura-se nesta parte avaliar três tipologias arquitetônicas representativas dos períodos históricos estudados (pré-hispânico, colonial, e republicano) em termos bioclimáticos.

Constatou-se também a necessidade de estudar sobre os materiais locais em relação à sustentabilidade ambiental, com ênfase na rocha vulcânica sillar.

3.1 METODOLOGIA

É uma pesquisa com embasamento documental. Inicialmente realiza-se uma identificação geográfica do sítio de implantação das tipologias (quadro 9). Seguidamente se detalha as características arquitetônicas dos estudos de casos (quadro 10). Procede-se a determinação do grau de adequação climática dos casos.

Na análise de ventilação são considerados os ventos predominantes durante o dia e à noite através da rosa dos ventos de Arequipa com o programa weather tool (2011). A seguir os dados eólicos são extrapolados para o nível de aberturas das edificações, conforme indica Bastos et. al. (2006), de posse destas informações se determina a velocidade média do ar no interior das edificações, através da equação de Givoni Apud Brasil (2005).

A oscilação da temperatura ambiente local ao longo dos dias e noites é obtida pelo programa weather tool (2011). Os valores da transmitância térmica das paredes e coberturas das tipologias vernáculas foram obtidos através do procedimento de cálculo da norma peruana “EM.110 Confort térmico y Lumínico”. A partir destes e de outros dados é calculada a temperatura do ar de saída dos ambientes em cada tipologia vernácula através da equação desenvolvida por Bastos (2015).

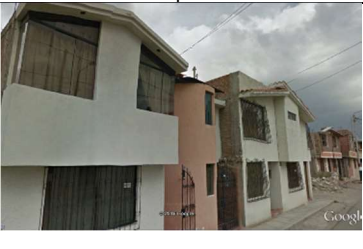
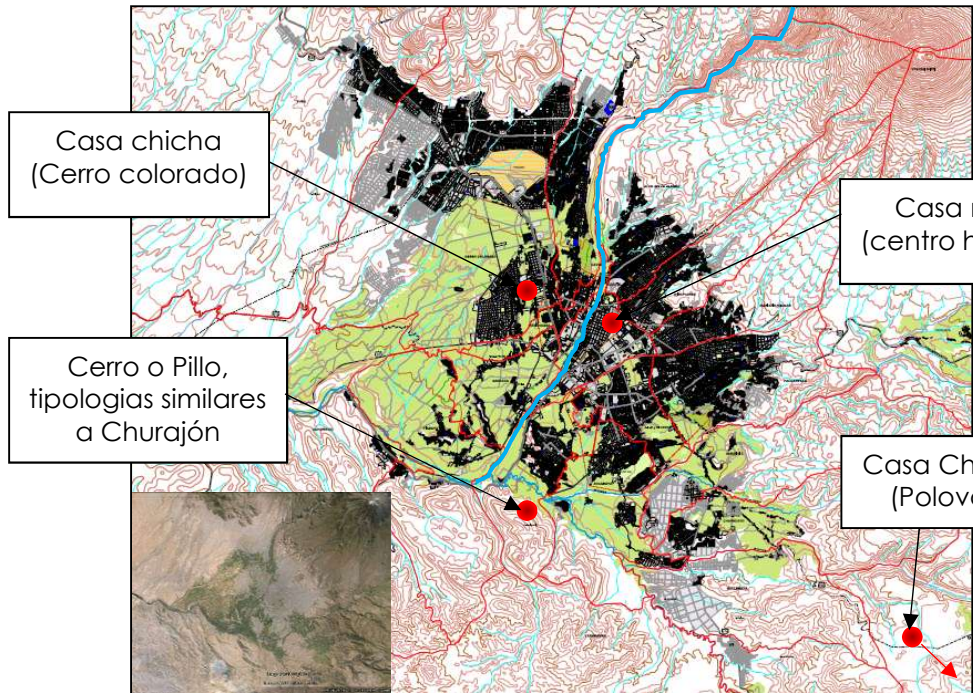
Na análise acústica calcula-se a isolamento sonora entre paredes maciças, assim como o índice de redução sonora ponderado das fachadas, das tipologias vernáculas, através das equações descritas em Brasil (2013).

A Incidência e intensidade da radiação solar, além da iluminância em cada tipologia, são determinadas em função da orientação das fachadas, com auxílio do programa RadLite, desenvolvido por Castro (1996).

Quanto aos materiais de construção, procurou-se identificar os recursos locais disponíveis em Arequipa que são encontrados nas tipologias vernáculas, através das referências bibliográficas. Considera-se principalmente em termos da sustentabilidade a rocha vulcânica sillar.

3.2 DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASOS

3.2.1 Localização

	Casa Churajón – pré-hispânico	Casa Moral - Colonial	Casa Urbana - contemporâneo
Fotografias			
Mapa de localização			

Quadro 9: localização das tipologias vernáculas a analisar. Fonte: fotografias do autor, mapa de localização adaptado de plano diretor de Arequipa (2013)

3.2.2 Casa Churajón

A casa Churajón encontra-se no complexo do mesmo nome. A orientação predominante das ruas é de azimuth 45° com relação ao Norte. Os lotes são distribuídos de forma orgânica e irregular, adaptando-se ao terreno.

Os cômodos da casa são organizados em torno de um pátio central. A casa era construída em pedra local andesito ou granito (paredes de 30 a 40 cm) e a cobertura de duas águas feita com palha, além de pequenas janelas (0,20 x 0,20 cm).

A tipologia habitacional da cultura Churajón é resultado de levantamentos arqueológicos e de estudos bibliográficos apresentados na pesquisa de Alvarez (2000). Nesta se encontram detalhadas as características da arquitetura vernácula pré-hispânica em Arequipa. A casa data do ano de 1200 e é resultado de um processo de autoconstrução.

3.2.3 Casa Moral

A orientação da trama urbana na época colonial onde está inserida a Casa Moral é de azimuth 20° Norte, paralelo ao rio Chili, o que permitia o desemboque dos canais de água no rio.

A casa é organizada em torno de um pátio central. A construção é em rocha vulcânica sillar (paredes e cobertura). As paredes apresentam 1m de espessura para suportar os terremotos. Os tetos são abobadados. Esta antiga casa possuía uma árvore de Mora no meio de seu pátio, daí o nome de “Moral”.

Baseado em levantamento in situ. Atualmente é um museu. O design do projeto é desconhecido. A construção data aproximadamente de 1750.

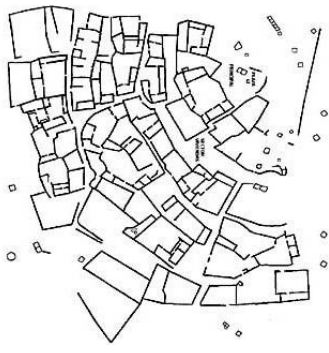
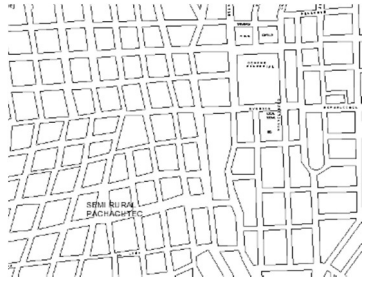
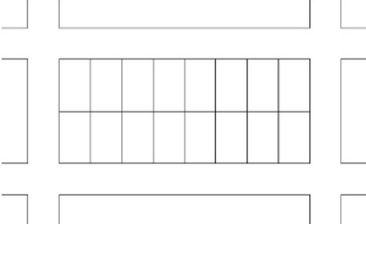
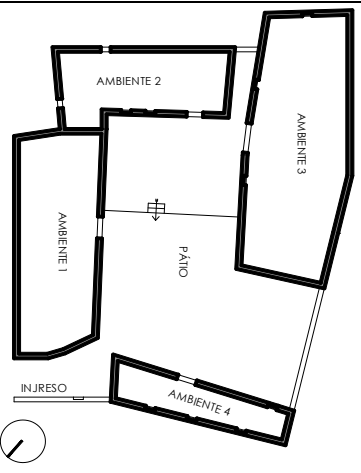
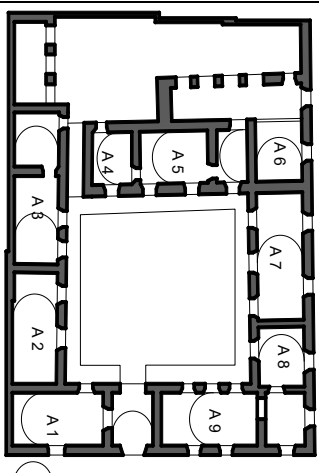
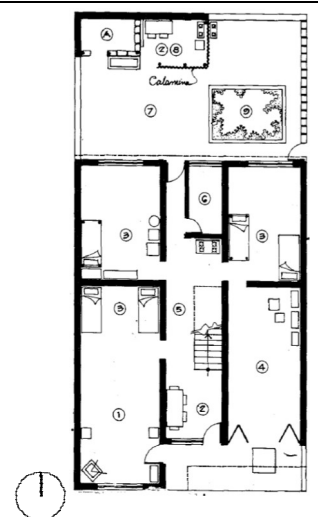
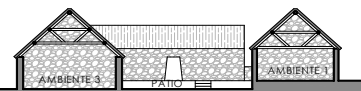
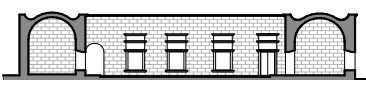
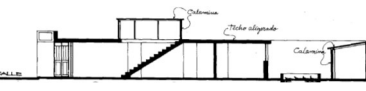
3.2.4 Casa Chicha

A orientação Norte é a direção predominante dos lotes onde está inserida uma casa Chicha. Os lotes são retangulares e organizados em duas filas.

Esta casa apresenta uma organização compacta, o pátio se situa na parte de trás do lote. Apresenta paredes com 15 cm de espessura (tijolos) e a estrutura é de concreto armado.

Este modelo considerado teve como base a pesquisa desenvolvida por Chamfreau (1988). A casa foi construída pelo pedreiro do bairro, e se encontrava numa primeira etapa de construção. Não se observa ainda as características próprias da arquitetura chicha, como por exemplo, o uso de cimalha dando a ilusão de telhados inclinados, mas foi escolhida por ter dimensões físicas e espaciais, similares as anteriores tipologias.

3.2.5 Detalhes gráficos das tipologias

Tipologia Churajón	Tipologia Moral	Tipologia Chicha
 Complexo de Churajón	 Traço fundacional, centro histórico de Arequipa	 Estrutura urbana Cerro Colorado
 Distribuição dos lotes	 Distribuição dos lotes	 Distribuição dos lotes
 Planta térrea	 Planta térrea	 Planta térrea
 Corte	 Corte	 Corte

Quadro 10: implantação, plantas térreas e cortes das tipologias vernáculas: Churajón, Moral e Chicha. Fonte: elaboração do autor

3.3 ANÁLISE DA VENTILAÇÃO

Os ventos predominantes em Arequipa durante o dia vêm do oeste e sudoeste, são considerados frescos porque apresentam temperaturas de 20 a 25 °C e com uma umidade relativa entre 25 e 55 %. Durante a noite os ventos predominantes vêm do nordeste, considerados frios e secos, com temperaturas de 5 a 10 °C e com umidade relativa 15 a 25 % (figura 97), estes dados são constantes para todo o ano como regra geral. Portanto podemos dizer que convêm uma proteção contra os ventos noturnos, e o aproveitamento dos ventos diurnos.

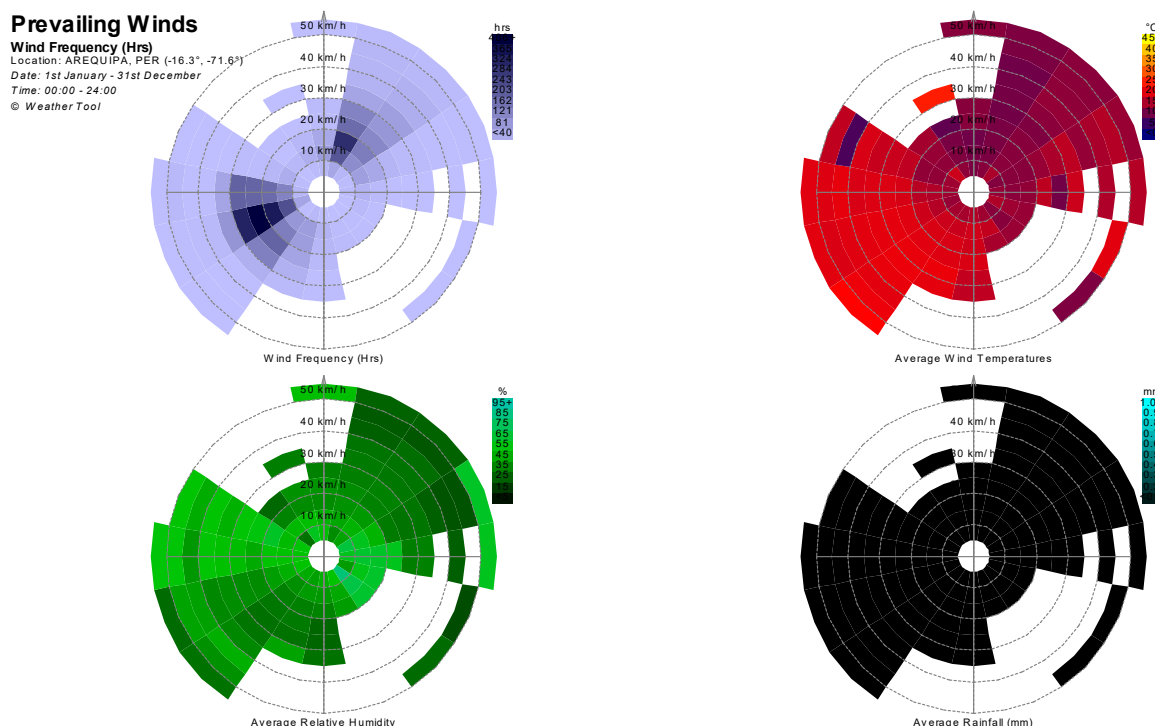


Figura 97: carta de ventos de Arequipa, dados anuais de frequência, temperatura, umidade relativa e precipitações. Fonte: elaboração do autor com dados de SPQU (Corpac), aeroporto Rodriguez Ballón, 1989-2001, processados em weather tool 2011

Conforme descrito no Capítulo 2, o traçado “urbano” no complexo de Churajón, encontra-se no quadrante sudoeste da montanha, e com ruas de forma orgânica adaptadas à topografia (figura 98). Observando essa conformação geomorfológica pode-se dizer que a própria escarpa provoca uma “sombra de ventos” ao longo da faixa da terra (Almodóvar et. al. 2011). Esta forma de circulação dos ventos protege o local dos ventos frios noturnos (que provêm do Nordeste). Assim, através da montanha (figura 99), os ventos frios têm uma menor intensidade e são frontais a uma das fachadas da casa Churajón, a qual é protegida com um cômodo que era utilizado como depósito (figura 98). Durante o dia os ventos frescos incidem em cada uma das casas do complexo, ditada pela implantação e topografia (figura 99). Assim é constante este processo durante todo o ano, o que favorecia o conforto ambiental de Churajón. Portanto revela-se uma adequabilidade climática do conjunto urbano, assim como da casa analisada.

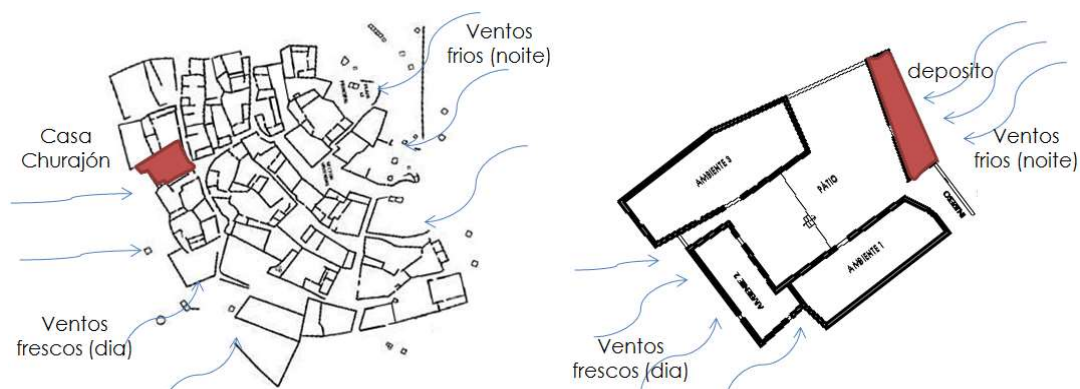


Figura 98: ventilação do complexo e casa Churajón. Fonte: elaboração do autor



Figura 99: esquema de ventilação dos períodos diurno e noturno no complexo de Churajón. Fonte: elaboração do autor

Conforme visto, o traçado urbano no centro histórico apresenta uma orientação de azimuth 20° Norte (figura 100), portanto as ruas Norte-Sul recebem os ventos frios da noite, e as ruas Leste-Oeste os ventos frescos do dia. A disposição da casa com o pátio interior aberto, característica na maioria das edificações, proporciona condição adequada de ventilação ao longo dos dias e noites.

Na casa Moral, a diversidade do regime de ventos atuantes nas fachadas Nordeste e Noroeste, além da cor branca em toda estrutura, contribui para o arrefecimento do envelope. A disposição dos aposentos na casa, onde os quartos ocupam em sua maioria o quadrante Nordeste recebem os ventos diurnos, enquanto os outros aposentos a sota-vento têm outras funções na casa. Durante a noite, as portas dos quartos são fechadas de modo a conservar o calor retido e minimizar as correntes de ar frias noturnas. A circulação dos ventos ao longo do dia cria um campo de pressões favorável ao arrefecimento da casa, similar ao que ocorre numa configuração urbana, conforme pode ser visto na Figura 101.

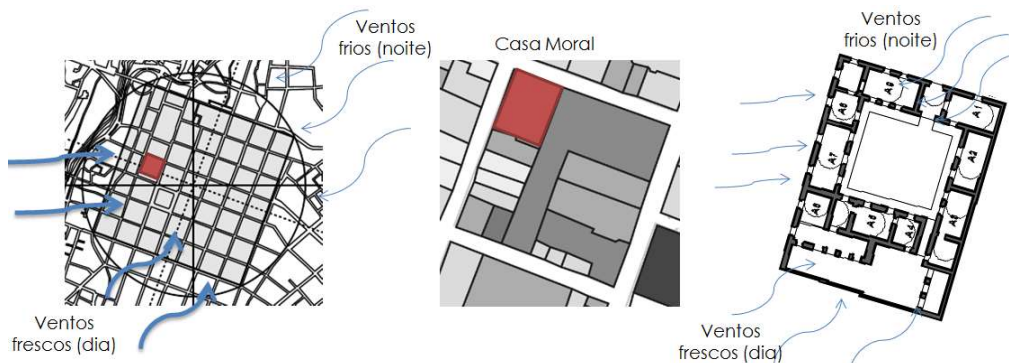


Figura 100: ventilação da casa Moral e entorno. Fonte: elaboração do autor

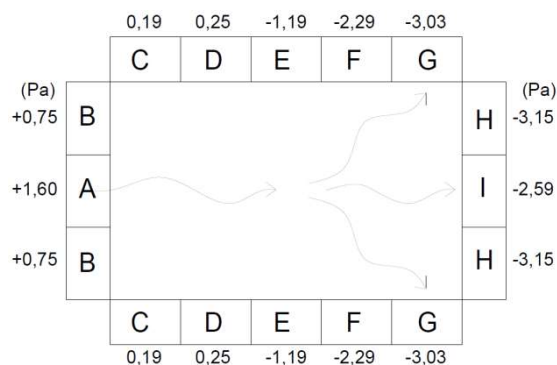


Figura 101: distribuição dos coeficientes de pressão de construções ao redor de um grande pátio, obtidos por simulação CFD. Fonte: adaptado pelo autor de Bonneaud (2004)

Considerando agora o traçado urbano onde está inserida a Casa chicha, com ruas de Norte–Sul e de Oeste–Leste, estas recebem indiretamente parte dos ventos. As fachadas Norte e Leste recebem os ventos frios noturnos e as fachadas Sul e Oeste os ventos frescos. Como na região predomina edificações de baixa altura, há uma influência significativa na intensidade dos ventos. Na casa Chicha, há a penetração dos ventos nas aberturas desta fachada ao longo do dia (barlavento), enquanto que a face Sul que está a sota-vento, comporta as funções de cozinha, banheiro, etc. Esta fachada sofre a ação dos ventos frios noturnos. Além disso, devido à má orientação da casa em relação aos ventos diurnos, há somente as infiltrações de ar o que pouco contribui para o processo de arrefecimento dos aposentos.

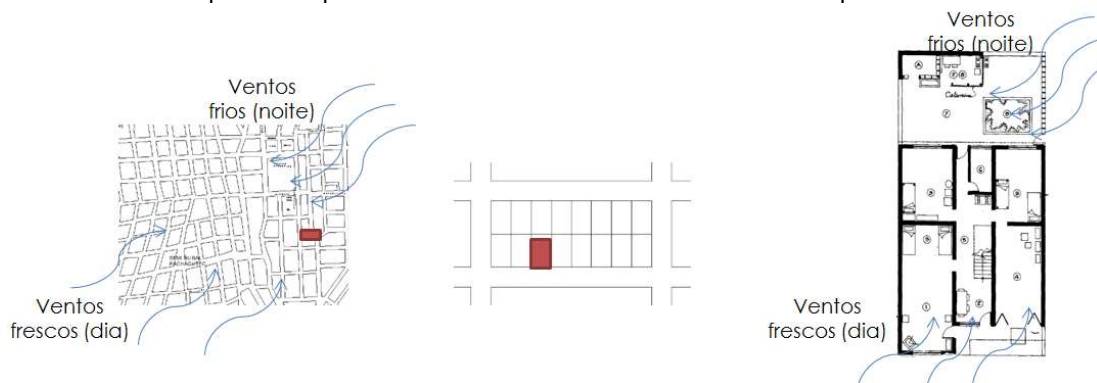


Figura 102: ventilação da casa Moral e entorno. Fonte: elaboração do autor

Convém salientar que este estudo apenas define as linhas gerais da ventilação, pois sua determinação específica requer um estudo minucioso, considerando trechos específicos, desde agrupamentos arbóreos até construções, interferindo na direção e intensidade da ventilação (Almodóvar et. al. 2011).

3.3.1 Extrapolação de dados eólicos para o nível das edificações

Considerando a ventilação nas edificações, principalmente para habitação, as alturas assumidas para avaliação devem ser aquelas correspondentes ao ponto médio das aberturas.

A velocidade do vento varia com a altura ao solo, e quando se considera duas alturas é possível se obter a seguinte relação, (BASTOS et al, 2006):

$$U(Z2)/U(Z1) = \ln(Z2/Zo)/\ln(Z1/Zo)$$

Onde $U(Z)$ é a velocidade do vento numa altura Z , Zo é a rugosidade do terreno.

De acordo com o atlas eólico do Peru (2008), a velocidade do vento em Arequipa varia de 2 a 3 m/s a uma altura de 80m do solo. Devido a falta de dados sobre rugosidade do terreno, são assumidos valores apresentados na lei exponencial de Hellmann, considerando-se o valor de 0,28 para Arequipa em função de suas características (figura 103).

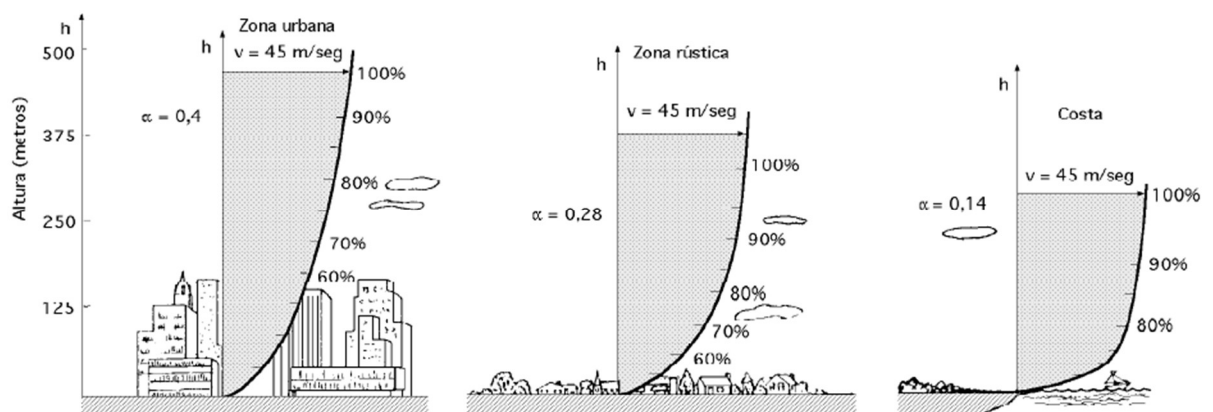


Figura 103: variação da velocidade do vento em função da altura e rugosidade do terreno de acordo com a lei exponencial de Hellmann. Fonte: energiaeolica-walter.blogspot.com.br aceso 01/12/2016

Desta forma, podem ser estimadas intensidades médias para alturas próximas ao solo, considerando a velocidade de 2,5 m/s a uma altura de 80m (ver anexo A.1). Os resultados obtidos estão no seguinte quadro:

Vento (m/s) a 1,5m	Vento (m/s) a 6m	Vento (m/s) a 10m
0,74	1,35	1,58

Quadro 11: velocidade do vento para alturas próximas ao solo em Arequipa. Fonte: elaboração do autor

A partir desses dados de velocidades dos ventos é possível estimar a velocidade média (V_i) no interior de uma edificação térrea, através da relação desenvolvida por Givoni, Apud (Brasil, 2005):

$$V_i = 0,45 (1 - \exp(-348x))U$$

Sendo U a velocidade do vento exterior (m/s); x = Área da janela / área da parede.

Desta forma é possível determinar a velocidade de circulação do ar para as tipologias vernáculas selecionadas. A casa Churajón, tem uma janela em paredes frontais aos ventos durante o dia, ocupando apenas 5% da superfície aproximadamente. As janelas na casa Moral situadas na fachada oeste ocupam 20% da superfície. Na casa Chicha os ventos não incidem

frontalmente às janelas, ainda assim as janelas ocupam 40% da superfície. Assumindo a velocidade do vento durante o dia o valor de 0,74 m/s em todos os casos. Os resultados obtidos da velocidade interior estão no seguinte quadro (ver cálculos no Anexo A.2):

Vi (m/s) Casa Churajón	Vi (m/s) Casa Moral	Vi (m/s) Casa Chicha
0,053	0,167	0,250

Quadro 12: velocidade do ar no interior das tipologias vernáculas. Fonte: elaboração do autor

Observa-se que a velocidade do ar no interior das tipologias diminui consideravelmente em relação ao meio exterior. A velocidade do ar deve ter VMR de operação, no nível de 1,5 m do piso, na região de influência da distribuição do ar, de 0,25 m/s (SCHOSSLER, et al., 2015), nesse sentido a casa Chicha tem a melhor ventilação.

3.3.2 Considerações

Verificou-se que a casa analisada em Churajón, era adaptada às condições climáticas locais através de sua implantação, orientação e disposição de ambientes. Era protegida dos ventos frios noturnos e aproveitava os ventos frescos diurnos para desta forma satisfazer as necessidades pessoais de conforto. A espacialidade através do pátio também contribuía para a ventilação dos cômodos; a morfologia através do teto inclinado possibilitava a permeabilidade aos ventos frescos. A materialidade devida as propriedades das pedras (granito e andesito), como a inércia térmica dava uma proteção térmica contra os ventos frios da noite. Por outro lado a pequena dimensão da janela não favorecia uma adequada ventilação no interior do ambiente, principalmente pela limitação do seu sistema construtivo conforme descrito. Mas pode-se estimar que poderia ocorrer uma certa regularidade climática no interior desta casa vernácula.

Na casa Moral foi possível verificar a sua adequabilidade climática, tanto de dia como de noite, ditada pela sua implantação, orientação, disposição de ambientes, tipologia construtiva, pátios e janelas, as quais possibilitam a ventilação cruzada. A dimensão das janelas também era limitada pelo sistema construtivo, ainda assim apresenta condições para uma ventilação natural aceitável.

A casa Chicha não apresenta uma adequabilidade climática, demonstrando assim uma perda dos valores do passado, pois a orientação e a disposição de ambientes concorrem para o desconforto dos usuários, já que os dormitórios recebem os ventos frios noturnos. A permeabilidade de 40% nas fachadas torna-se apenas adequada somente para a fachada frontal aos ventos do dia.

3.4 ANÁLISE SOBRE A INSOLAÇÃO E LUZ NATURAL

3.4.1 Incidência da radiação solar e iluminância

➤ CASA CHURAJÓN

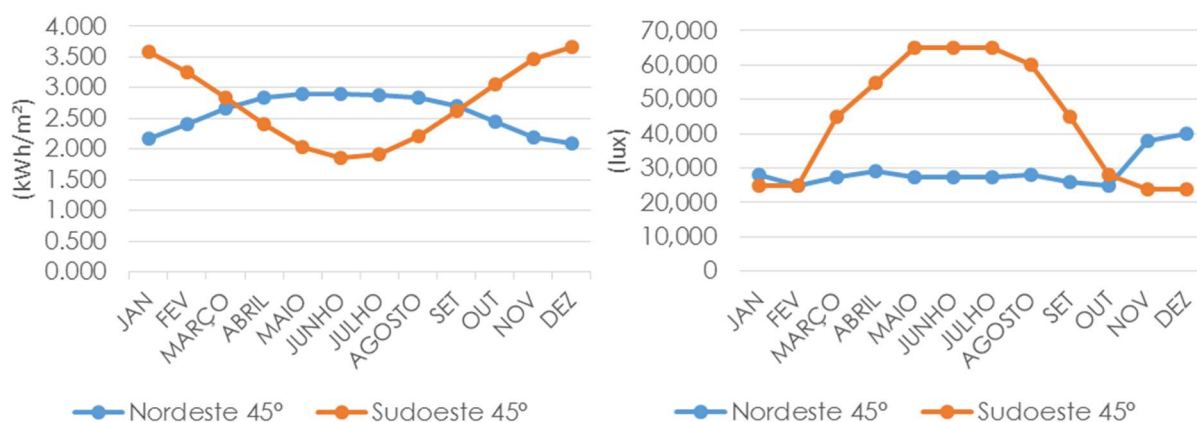


Gráfico 5: radiação solar incidente média mensal diária (kWh/m²) e iluminância (lux) às 12 h no dia representativo do mês nas fachadas indicadas respectivamente para a casa Churajón. Fonte: elaboração do autor, dados processados em RadLite 2009, modelo de Dogniaux, clima desértico e urbano

A implantação desta casa no lado Sudoeste da montanha obstruiu os raios solares nas primeiras horas do dia, mas à tarde pelo contrário é favorável aos ganhos de energia para combater a temperatura fria da noite.

Na Casa Churajón observa-se que esta orientação dada às construções de azimuth 45° em relação ao Norte, contribui para manter uma insolação quase uniforme na fachada (Nordeste 45°) ao longo do ano, com uma radiação média entre 2,2 a 2,9 kWh/m². A implantação e a disposição dos cômodos permitem a insolação na maioria das fachadas ao longo do dia, o que permite o armazenamento de energia pela sua massa, o que é conveniente já que a temperatura da noite decresce rapidamente.

Na fachada Sudoeste 45° a intensidade da radiação solar é menor durante o inverno (1,9 kWh/m²). O volume do cômodo com orientação Sul é menor que os outros, como também seu ganho solar, mas mesmo assim a disposição das paredes a 45° permitia ainda alguns ganhos de energia.

A inclinação em duas águas da cobertura também contribuiu para um menor ganho de insolação.

A iluminância na fachada nordeste apresentava-se uniforme ao longo do ano com uma média de 28.000 lux, na fachada Sudoeste apresenta um incremento máximo no inverno em média de 65.000 lux.

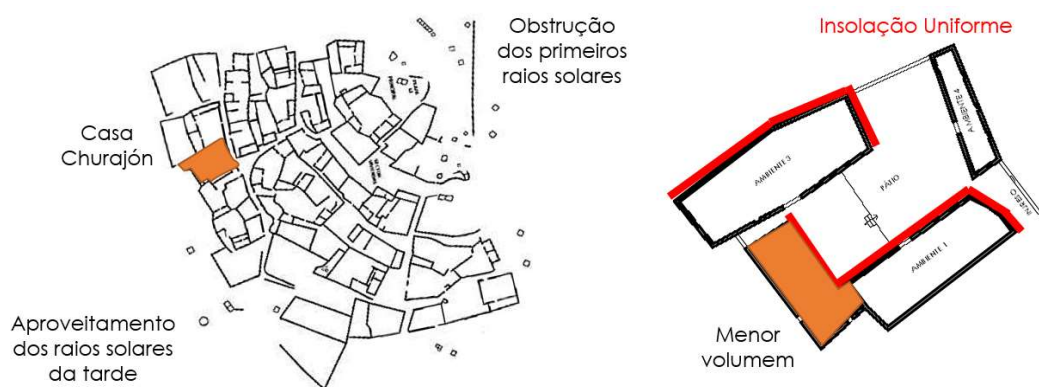


Figura 104: esquema de iluminação do complexo e casa Churajón. Fonte: elaboração do autor

➤ CASA MORAL

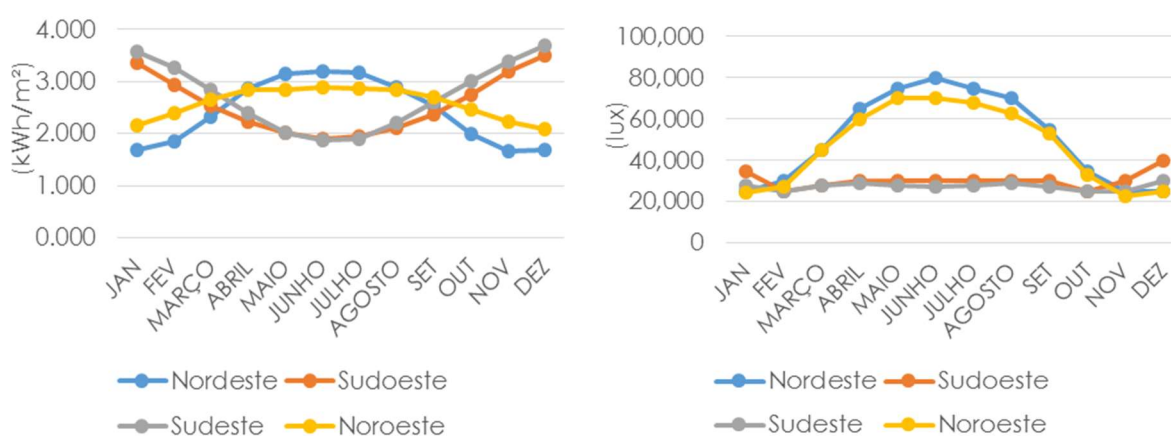


Gráfico 6: radiação incidente média mensal diária (kWh/m^2) e iluminância (lux) às 12 h no dia representativo do mês nas fachadas indicadas respectivamente para a casa el Moral. Fonte: elaboração do autor, dados processados em RadLite 2009, modelo de Dogniaux, clima desértico e urbano

A implantação da trama urbana 20° Norte em uma superfície plana, com edificações relativamente baixas (6m de altura), não obstruiu a radiação solar, nem a iluminância na casa Moral.

Na casa Moral observa-se que ao meio dia a insolação nas fachadas Nordeste e Noroeste atingem valores mais altos (3 kWh/m^2), o que levou originalmente ao uso de fenestração de pequena área, a fim de reduzir a penetração dos raios solares e condições de ofuscamentos.

Os dormitórios apresentam uma orientação Oeste, o que permite os ganhos energéticos através da massa térmica para manter a temperatura durante a noite.

Nas fachadas Sudoeste e Sudeste, a radiação é menor no inverno (2 kWh/m^2), por isso a fachada com orientação Sul é utilizada por cômodos de serviço (depósitos).

A disposição dos cômodos em torno ao pátio central permitiu a iluminação natural de todos os ambientes.

A forma do teto abobadado reduz a sua insolação, assim como o material branco da rocha sillar permite a refletância solar das superfícies e contribui para o resfriamento do ambiente.

A árvore de Mora no pátio protegia através da projeção de sombras da forte radiação solar.

A iluminância das fachadas Noroeste e Nordeste são as mais favorecidas, com uma máxima de 80.000 lux no inverno.

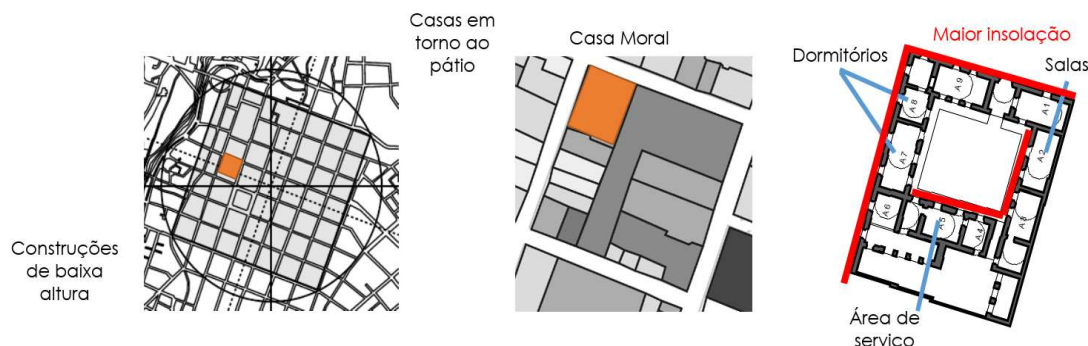


Figura 105: esquema de iluminação da casa Moral. Fonte: elaboração do autor

➤ CASA CHICHA

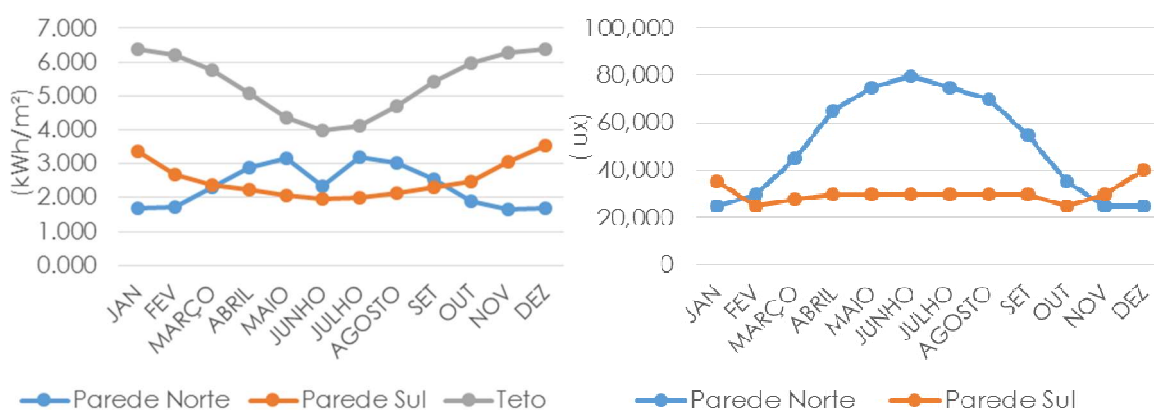


Gráfico 7: radiação incidente média mensal diária (kWh/m²) e iluminância (lux) às 12 h no dia representativo do mês nas fachadas indicadas respectivamente para a casa Chicha. Fonte: elaboração do autor, dados processados em RadLite 2009, modelo de Dogniaux, clima desértico e urbano

A cidade horizontal onde está implantada a casa Chicha não obstrui a iluminação natural. Esta orientação favorece as fachadas Norte durante quase todo o ano, mas as fachadas Sul pelo contrário são as menos favorecidas.

Na casa Chicha o lote apresenta uma orientação Sul, mas com o pátio de trás permite que os quartos situados na fachada Norte, de março a setembro recebam maior insolação, todavia a face Sul na mesma época do ano apresenta uma menor insolação.

A casa tem só um andar, a insolação na cobertura é alta ainda mais quando sua forma for plana, e como os materiais construtivos são a alvenaria de tijolos e laje em concreto (mais economicamente rentáveis) há uma

grande absorção de energia solar, o que contribui para aquecer muito o interior da edificação.

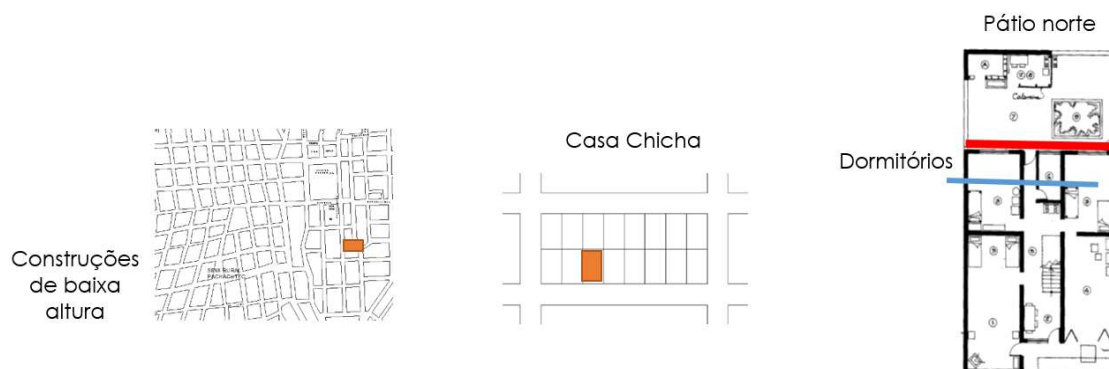


Figura 106: esquema de iluminação da casa Moral. Fonte: elaboração do autor

3.5 ANÁLISE TÉRMICA

A amplitude térmica diária em Arequipa é da ordem de 17°C, predominando durante o dia temperaturas em torno dos 22°C e durante a noite 5°C (figura 107), estes dados são constantes durante todo o ano. Portanto, durante o dia a temperatura ambiente exterior mostra-se confortável para os habitantes.

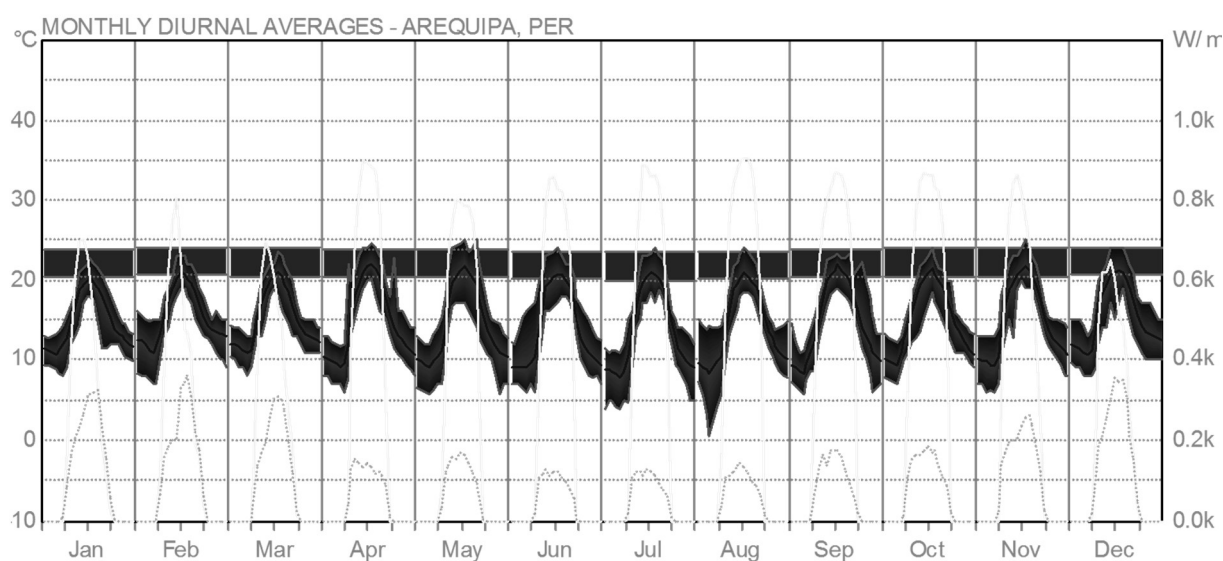


Figura 107: dados climáticos de Arequipa. Fonte: elaboração do autor com dados de SPQU (Corpac), aeroporto Rodriguez Ballón, 1989-2001, processados em weather tool 2011.

3.5.1 Transmitância térmica

Ao avaliar as propriedades térmicas dos materiais construtivos das casas vernáculas, analisou-se a transmitância térmica, de ambientes com áreas um pouco acima de 5mx10m. A altura, materiais, espessura das paredes e coberturas, variam conforme os modelos já apresentados.

Os apartamentos foram considerados em contato com o ambiente natural. A metodologia de análise e os dados da transmitância térmica (U) dos

materiais locais foram obtidos da norma peruana “EM.110 Confort térmico y Lumínico”. Nesse sentido, aplicou-se as seguintes equações:

$$U_{\text{elementos}} = 1 / ((e_1/k_1) + (e_2/k_2) + (e_3/k_3) + \dots + R_{si} + R_{se})$$

Onde **e** é a espessura do material, **k** é coeficiente de transmissão térmica, R_{si} é a resistência superficial interna com valor definido 0,06 W/m²k, e R_{se} é a resistência superficial externa com o valor definido 0,11 W/m²k.

$$U_{\text{final}} = \sum S_i \times U_i / \sum S_i = (S_1 \cdot U_1 + S_2 \cdot U_2 + S_3 \cdot U_3 + \dots) / (S_1 + S_2 + S_3 + \dots)$$

Onde S é a superfície, e U é a transmitância térmica do elemento

No quadro 13 são apresentados os dados considerados para o cálculo da transmitância térmica para paredes e coberturas.

CASA	TIPO	MATERIAL	ESPESSURA (m)	coef.-k (W/mK)	Superfície (m²)
Churajón	Parede	Andesito	0,3	3,5	55
		Barro	0,1	0,52	55
	Cobertura	Palha	0,1	0,09	45
Moral	Parede	sillar	0,6	0,55	70
		Cal	0,1	0,85	70
		Areia	0,1	2	70
		Andesito	0,1	3,5	70
	Vãos	Madeira	0,1	---	20
	Cobertura	sillar	0,6	0,55	75
Chicha	Parede	Tijolo	0,15	0,84	35
		Argamassa	0,15	1,4	35
	Janelas	Vidro	0,04	---	10
	Portas	Madeira	0,1	---	5
	Cobertura	Tijolo	0,15	0,84	50
		Argamassa	0,1	1,4	50

Quadro 13: dados para o cálculo de Transmitância térmica (U) dos elementos construtivos.
Fonte: elaboração do autor

Na casa Churajón, os vãos não são considerados para o cálculo, devido as suas pequenas dimensões, além de serem protegidos por peles de animais. Considerou-se na casa Moral janelas e portas em madeira maciça com transmitância térmica de 2,2 W/m²K Na casa Chicha considerou-se a janela de vidro com transmitância térmica de 5,7 W/m²K de acordo com a norma peruana.

Os resultados obtidos para a transmitância térmica das tipologias vernáculas estão indicados no seguinte quadro (Ver anexo B.1).

Componentes	Churajón	Moral	Chicha	Norma local (Máximo permissível)
Parede	2,23	1,27	3,52	2,36
Cobertura	0,78	0,79	2,38	2,21

Quadro 14: transmitância térmica (U) dos elementos construtivos em W/(m²K). Fonte: elaboração do autor.

No caso das paredes observa-se que a casa Moral apresenta a mais baixa transmitância térmica, sendo a mais favorável ao tipo de clima local devido a sua espessura e características térmicas da rocha sillar, além da proteção das janelas com madeira maciça. A casa Churajón apresenta um valor no limite do máximo permissível, devido às características do material andesito e pequenas aberturas. A casa Chicha excede ao máximo permissível para o conforto de acordo com o clima local, devido às características do tijolo e aberturas grandes e sem proteção além do vidro.

A cobertura da casa Churajón apresenta a mais baixa transmitância térmica devido às características térmicas da palha. A casa Moral também apresenta uma baixa transmitância térmica, demonstrando assim as propriedades térmicas da rocha vulcânica sillar. A casa Chicha excede ao máximo permissível de acordo com as características do tijolo e concreto, mas convém observar que como pode haver um empilhamento de vários andares, as condições térmicas internas irão variar consideravelmente.

3.5.2 Temperatura do ar de saída de um ambiente (Ts)

Seja um ambiente paralelepípedo ventilado por meios naturais com uma dada vazão m' (kg/s), sendo a temperatura do ar de entrada igual à do ambiente externo T_e (°C), e uma carga térmica gerada internamente q' (W/m), BASTOS (2015).

A variação da temperatura do ar ao longo do aposento pode ser escrita como:

$$m' \cdot C_p (dT/dx) = \sum U_i \cdot L_i (T_{sol-ar} - T) + q'$$

$$x = 0 ; T = T_e$$

$$x = L ; T = T_s$$

Sendo:

T_{sol-ar} : temperatura sol-ar para uma dada superfície

$$T_{sol-ar} = T_e + \alpha \cdot I / (h_r + h_c);$$

α : absortividade solar;

h_c ; h_r : coeficientes de transferência de calor por condução e radiação, respectivamente;

C_p : calor específico do ar (kJ /kg.K)

I (W/m²): irradiância solar numa superfície;

L_i : altura da parede ou largura da cobertura;

U_i : transmitância da parede (W/m²K).

Integrando de $x=0$ até $x= L$ a equação diferencial, resulta:

$$T_s = \{ \sum [U_i \cdot L_i \cdot T(sol-ar)_i] + q' \} / \sum (U_i \cdot L_i) \cdot \{ 1 - \exp[- U_i A_i / (m' C_p)] + T_e \exp[- U_i A_i / (m' C_p)] \}$$

Torna-se possível assim avaliar a influência das propriedades térmicas de um ambiente através do cálculo da temperatura de saída do ar, para uma mesma velocidade de entrada. Portanto, consideram-se para as três

tipologias vernáculas, (figura 108), a influência da vazão de ar sobre a temperatura final para os valores de 5, 10 e 15 renovações por hora.

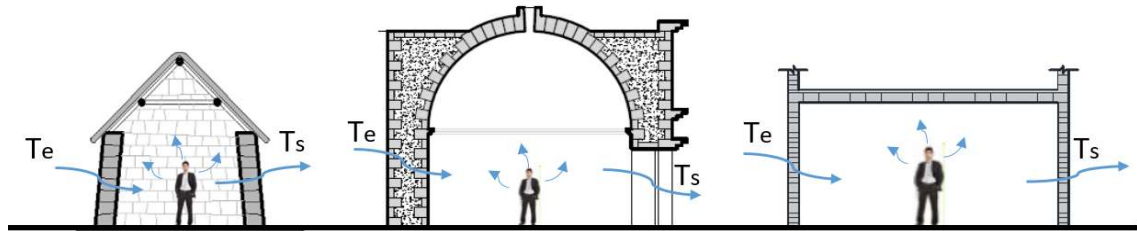


Figura 108: esquema temperatura de saída do ar nas tipologias vernáculas. Fonte: elaboração do autor

➤ **Valores numéricos utilizados:**

L = altura da parede ou largura da cobertura (m)

q' = calor gerado no interior do ambiente = 70 W/m.

A = área (m²)

$h_c = 20 \text{ W/m}^2\text{k}$; $h_r = 5 \text{ W/m}^2\text{k}$

m' = vazão mássica (kg/s) = $\rho \text{ (kg/m}^3\text{)} \cdot Q \text{ (m}^3\text{/s)}$,

Onde Q é a vazão volumétrica.

C_p = calor específico do ar = 1000 J/kg K

T_e = temperatura exterior = 22°C em Arequipa

α = Os valores de absorvidade foram extraídos do Inmetro (2013), em função da cor aproximada do material.

Casa	Tipo	α
Churajón	Parede	0,45
	Cobertura	0,28
Moral	Parede	0,2
	Cobertura	0,2
Chicha	Parede	0,2
	Cobertura	0,35

Quadro 15: absorvidade dos elementos vernáculos. Fonte: elaboração do autor baseado em Inmetro (2013)

$I \text{ (W/m}^2\text{)}$ = considerando 600 W/m² para as paredes e 1100 W/m² para as coberturas.

T_{sol-ar} = Os resultados obtidos da temperatura solar dos elementos vernáculos estão indicados no seguinte quadro (ver anexo B.2).

$$T_{sol-ar} = T_e + \alpha \cdot I / (h_r + h_c);$$

	Churajón	Moral	Chicha
T_{sol-ar} parede	32,8°C	26,8°C	26,8°C
T_{sol-ar} coberta	34,3°C	30,0 °C	37,4°C

Quadro 16: temperatura sol-ar dos elementos vernáculos. Fonte elaboração do autor

Número de renovações do ar do aposento 1/(hr)

$$N = Q / V = m' / (\rho V)$$

$$m' = \rho V \cdot N$$

Sendo: V o volume do ambiente: Churajón 150m³, moral 200m³, e chicha 125m³.

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3.$$

Considerando índices de renovação de ar de 5; 10; 15 e renovações por hora, resulta:

$$m' = 1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)} V(\text{m}^3) N \text{ (1/hr)} \cdot (\text{hr}/3600\text{s})$$

Os dados de vazão mássica estão no seguinte quadro (ver anexo B.3)

	Churajón	Moral	Chicha
m' (kg/s) para 5 renov./h	0,25	0,332	0,207
m' (kg/s) p/ 10 renov./h	0,50	0,667	0,416
m' (kg/s) p/ 15 renov./h	0,75	1,000	0,624

Quadro 17: vazão mássica (kg/s) das tipologias vernáculas, conforme o índice de renovação do ar. Fonte: elaboração do autor

Os dados de transmitância térmica (U), área (A) e altura da parede ou largura da cobertura (L), estão no seguinte quadro:

Casa	tipo	U (W/m ² K)	L(m)	A(m ²)
Churajón	Parede	2,23	2	20
	Cobertura	0,78	10	60
Moral	Parede	1,27	3	30
	Cobertura	0,79	10	80
Chicha	Parede	3,52	3	30
	Cobertura	2,38	10	50

Quadro 18: dados para o cálculo de temperatura de saída. Fonte: elaboração do autor

Com base nos dados anteriormente descritos é possível calcular a temperatura de saída. Os resultados obtidos (Ts) dos elementos vernáculos estão na seguinte tabela (ver Anexo B.4):

$$T_s = \{ \Sigma [U_i \cdot L_i \cdot T(\text{sol-ar})_i] + q' \} / \Sigma (U_i \cdot L_i) \cdot \{ 1 - \exp[- \Sigma U_i A_i / (m' C_p)] \} + T_e \exp[- \Sigma U_i A_i / (m' C_p)]$$

Renovação de ar (1/hr)	Churajón	Moral	Chicha
N=5	28,6°C	25,8°C	31,6°C
N=10	25,8°C	24,0°C	28,6°C
N=15	24,6°C	23,4°C	26,9°C

Quadro 19: temperatura sol-ar das casas vernáculas. Fonte: elaboração do autor

O ambiente na casa Moral apresenta melhor comportamento térmico, devido as propriedades térmicas da rocha sillar e baixa absortividade solar, além das características construtivas, como por exemplo a maior superfície

dos tetos e grande volume do ambiente. Do Quadro 19 pode-se observar que mesmo para uma pequena renovação de ar durante o período de insolação já mantém um nível de temperatura adequado para conforto.

Quanto a casa Churajón esta apresenta temperaturas um pouco elevadas para o conforto térmico e suas pequenas aberturas limitam a renovação do ar. Mas na época pré-hispânica estes ambientes eram utilizados em maior parte à noite, conservando a temperatura para favorecer o retardo térmico e combater as temperaturas frias noturnas.

O ambiente interior da casa Chicha apresenta valores de temperatura mais altos durante o período de insolação, devido a absorvidade solar do tijolo e concreto e a transmitância térmica elevada.

Somente para maiores renovações de ar por hora é que se consegue uma temperatura de saída do ar na zona de conforto térmico para esta última casa. Mas é importante indicar que de acordo com a disponibilidade dos ventos em Arequipa só são possíveis 5 renovações por hora, por esta via natural.

3.6 ANÁLISE ACÚSTICA

3.6.1 Isolação sonora entre paredes

A isolação sonora entre paredes maciças é regida pela lei de massas, como é o caso das tipologias vernáculas. A seguinte equação é uma aproximação do isolamento das paredes (BRASIL, 2013).

$$R_w = 12 + 53M^{1/3} \text{ dB(A)}$$

Onde M é a massa da parede em kg/m².

Na seguinte tabela estão os resultados de isolamento acústico dos principais materiais usados em Arequipa.

Tipo parede	Largura(cm)	Revestimento	dB(A)
Tijolo maciço	11	Argamassa de 1,5 cm em cada face	45
	15		47
Bloco de concreto	11,5	Argamassa de 1,5 cm em cada face	42
	14		45
Sillar *	25 (230 kg/m²)	Sem revestimento	44,5
	40 (378 kg/m²)		50,3
Andesito*	25 (600 kg/m²)	Sem revestimento	56,7
	50 (1200 kg/m²)		68,3

Quadro 20: isolamento acústico das paredes. Fonte: Brasil, 2013, * elaboração do autor.

De acordo com a norma NBR 15575-4, com relação ao índice de redução sonora (R_w) nas vedações entre ambientes: drywall e bloco de concreto atingem o desempenho intermediário da parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual. O tijolo maciço e o sillar atingem o desempenho mínimo da parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual. O andesito atinge o desempenho mínimo da parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer, etc.

Além da massa da parede, o ruído aéreo dependerá da geometria, disposição e formato dos orifícios, rugosidade superficial do material, etc. (BRASIL, 2013).

3.6.2 Índice de redução sonora ponderado das fachadas

O índice de redução sonora ponderado R_w das fachadas, é definido pela seguinte equação (BRASIL, 2013).

$$R_{w,equiv} = 10 \cdot \log \frac{S_{total}}{\sum_{i=0}^n S_i \cdot \zeta_i}$$

Onde: S_{total} é a área total da parede, S_i é a área de cada componente individual em m^2 , ζ_i é a transmitância acústica de cada componente e equivalente a $10^{(-R_{wi}/10)}$, sendo R_{wi} o índice de redução sonora de cada componente.

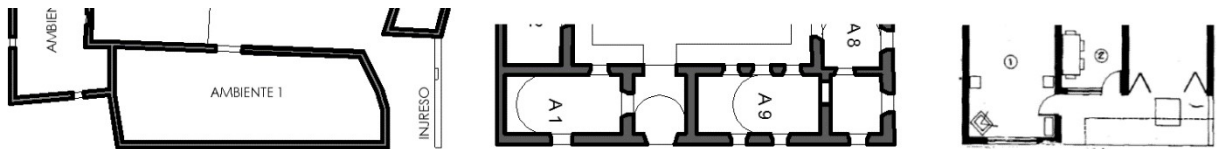


Figura 109: fachadas das tipologias vernáculas. Fonte: Elaboração do autor.

Avaliando a isolamento acústico das fachadas das tipologias vernáculas, na casa Churajón, os vãos representam 5% da fachada, predominando a pedra andesito como material construtivo. Para análise assumimos a janela de vidro e uma porta lisa, pois antigamente estes eram de peles de animais. Na casa Moral a pedra vulcânica sillar predomina como material construtivo, nos vãos são assumidos valores de $R_w=28$, pois eram de madeira maciça.

No seguinte quadro estão os resultados de isolamento acústico nas fachadas das tipologias vernáculas.

Tipologia	Componentes	S_i (m^2)	R_{wi} (dB A)	ζ_i	S_{total}	$R_{w,equiv}$
Churajón	Andesito	39,9	56,7	0,0000021	42 m^2	30,8 dB

	Janela, vidro de 4 mm	0,1	16 *	0,025		
	Porta lisa (9kg/m ²)	2	18 *	0,016		
Moral	Sillar (40cm)	120	50,3	0,0000093	150 m ²	34,8 dB
	Janela, vidro e madeira	20	28 *	0,0016		
	Porta maciça (60kg/m ²)	10	28 *	0,0016		
Chicha	Tijolo	27	45	0,000032	45 m ²	20,9 dB
	Janela, vidro de 4 mm	8	16 *	0,025		
	Porta lisa (9kg/m ²)	10	18 *	0,016		

Quadro 21: Isolação sonora das fachadas. Fonte: Elaboração dos autores. *Brasil, 2013.

De acordo com a norma NBR 15575-4, no desempenho do índice de redução sonora ponderado das fachadas, a casa chicha não cumpre o desempenho mínimo, devido aos 40% de aberturas na fachada e sem tratamento acústico. A casa Churajón atinge o desempenho intermediário em um entorno distante do ruído intenso. A casa Moral atinge o desempenho mínimo em um entorno urbano com ruído intenso.

O ruído de impacto na habitação se dá entre pisos e coberturas acessíveis, através do andar das pessoas, queda de objetos, etc., nesse sentido a casa Chicha é a única com estas características, predominando o uso do concreto armado como material de construção na cobertura. Para ruídos de impacto, quanto mais denso o material, maior a transmitância acústica (BRASIL,2013), nesse sentido o sillar é o material com melhor comportamento acústico, em comparação com os outros materiais de construção de uso predominante em Arequipa.

Tipo	Sillar	Tijolo	Concreto	Andesito*
Densidade (Kg/m ³)	1260	1800	2400	2800

Quadro 22: densidade dos materiais predominantes em Arequipa. Fonte: Almodóvar, 2006.

*euroimportadora.com

3.7 ANÁLISE EM GERAL DOS MATERIAIS

Conforme descrito, a casa Churajón apresenta como material construtivo a pedra andesito ou granito em suas paredes, e a cobertura com palha. A casa Moral predomina o uso da rocha vulcânica sillar (paredes e cobertura). A casa Chicha predomina múltiplos materiais como: o tijolo de argila, cimento, areia, aço, andesito, vidro, cerâmicas, madeiras, etc.

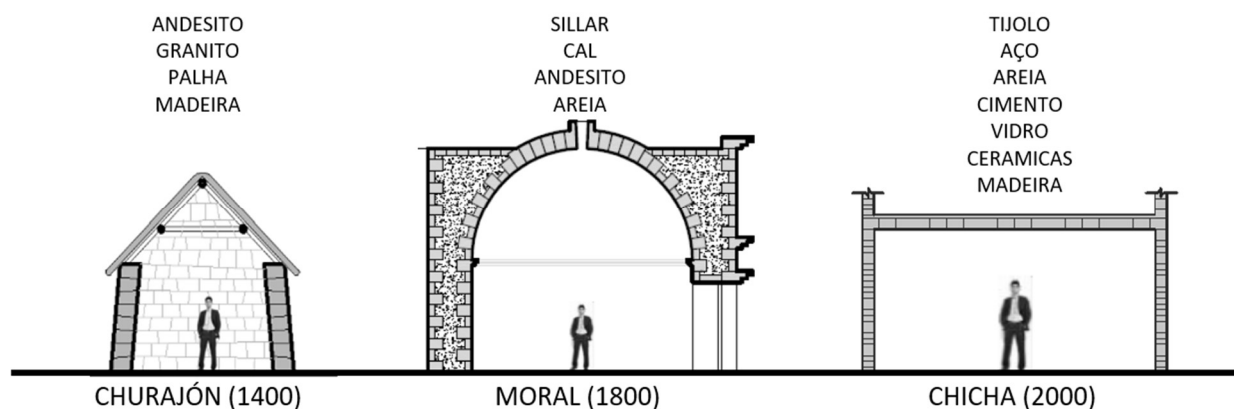


Figura 110: Materiais predominantes das tipologias vernáculas em Arequipa

A pedra andesito é um material local e abundante na região alto andina, as paredes da casa Churajón são deste material e apresentam uma adequada transmitância térmica. A cobertura da casa é de palha, oriunda de uma planta regional denominada Ichu, e esta palha apresenta uma baixa transmitância térmica (Mamani, et. al. 2016). Ambos os materiais são bons isolantes térmicos. Estes materiais eram utilizados por uma questão tradicional e de fácil disponibilidade, com a qual as casas eram construídas de forma empírica através de gerações. Segundo Alvarez (2000), a pedra andesito unida com morteiro de barro, confere uma boa estabilidade e resistência à arquitetura através dos tempos, ante os fenômenos sísmicos e climáticos. Ao utilizar o material sem nenhum tipo de modificação, estes se reintegravam a seu entorno natural, sem causar nenhum tipo de impacto ambiental. O custo do material era zero, pois o transporte e disponibilidade do material se realizavam em parceria com a comunidade. Como resultado se expressa o uso de materiais em consonância com a sustentabilidade.

O sillar, material de construção exclusivo na época da colônia e da casa Moral, com a qual se construíam as paredes e coberturas, é encontrado abundantemente na região. É um sólido com massa vitroelástica, sendo bom isolante térmico. O material é de cor predominantemente branca, tem boa refletância na faixa solar. A parede e a cobertura da casa Moral apresentam uma baixa transmitância térmica, mostrando-se melhores isolantes térmicos, inclusive melhor que a casa anteriormente descrita em Churajón. O sillar é de origem vulcânica, textura porosa, permeável, e conserva a temperatura, resistente ao fogo e a umidade, uma rocha leve com baixa densidade e resistente a compressão inclusive mais que o tijolo (Perú, 2014).

Os materiais da casa Chicha (tijolo, aço, cimento, concreto, areias, rochas, vidro, cerâmica, madeira, etc.) são em sua maioria locais e de indústrias, cuja produção gera poluição ambiental, como é o caso do tijolo, cimento e aço, principalmente. As paredes e cobertura da casa, feitas de tijolos de argila, não apresentam uma adequada transmitância térmica.

A seguir serão descritas maiores informações sobre alguns materiais locais em Arequipa.

3.7.1 Matérias locais disponíveis atualmente em Arequipa

Arequipa por sua localização geográfica apresenta diversos materiais construtivos com potencial de uso industrial, como por exemplo: rochas (andesitos, granito, pizarra, pedra laje, sillar, etc.); minerais (Argila comum, boratos, calcário, diatomita, feldspato, mica, pedra-pomes, pozolana, gesso, etc.); áridos (brita, areia, argilas, pedra classificada e triturada, etc.).

	Definição	Extração	Usos	Produção	Preço
Sillar	Denomina-se sillar a tobas cinzas. Significa pedra lavrada em forma de paralelepípedo. Apresenta cores brancas, gris, roxo, amarelo, sendo o primeiro utilizado maiormente para construção.	Pedreira La Paccha a 11 km da cidade, a exploração principal começa na quebrada de Anashuaico. Pedreira El Ingenio II a 18 km da cidade. Quantidade estimada = 126606412 T.M.	O maior uso do sillar é a construção de muros de casas em áreas marginais da cidade. Como revestimento em algumas edificações e em restaurações de prédios antigos.	Sem registro de informação porque o total da produção dá-se por pequenos mineiros informais (mais de 100 pessoas). Produção anual de 60000 T.M. aprox.	Bloque (30x20x55 cm) = 1.0 a 1.4 USD. Bloque irregular = 0.8 a 1.6 USD. Revestimento (30x20cm) = 2.0 a 3.0 USD.
Granito	Rocha ígnea de grão grosso e mineralogia variável. Superior ao mármore em dureza, pode ser cortado e polido e apresenta qualidades estéticas	Pedreira Santa Clorita a 16 Km da cidade, cor gris claro. Montanhas de Hunter, Tiabaya, etc. Quantidade estimada = 473344872 T.M.	Revestimento de fachadas de prédios ou em muros provisionais. Muito utilizado na época pré-hispânica.	Sem registro de informação.	Sem registro de informação.
Andesito	Rocha vulcânica de grão fina, com componentes essenciais de plagioclásios, biotas e hornblendas. Cor gris escuro ou negro.	O material se extrai de depósitos aluviais e fluviais do departamento de Arequipa. Pedras de até 10 metros de diâmetro	Utilizado em terraços e caminhos de alto trânsito. Muito utilizado em cantos rodados. Muito utilizado na época pré-hispânica.	Utilizado ultimamente em ruas e calçadas, estradas. Pequena mineira artesanal informal. Produção anual de 5000 T.M.	1 T.M. = 3000 USD

Argila	São os sedimentos mais finos, compostos por vários minerais (quartzo, feldspato, etc.). A argila é um produto da materialização dos silicatos.	Pedreira Angélica, a 13 km da cidade com 509704 T. M., pedreira em Yura com 36400 T.M., ante o incremento do consumo explora-se novas pedreiras.	Cerâmica estrutural (tijolos, telha, etc.), cerâmica industrial (tubos, cerâmica, pisos, etc.), e cimento (matéria prima para produção de clinker)	400 produtores artesanais. A argila de Arequipa não é de boa qualidade, se mistura com material de outras regiões, incrementando o custo final do produto. Existem 2 produtores mecanizados. 350000 T.M./ano	O valor econômico é baixo, determinado pelo transporte e qualidade, 3 a 5 USD por tonelada sem transporte. Tijolo mecanizado e artesanal por milhar: kinkong (120 – 50), Pandereta (180 - 90), teto (700 - 350). USD
Calizes	São rochas sedimentárias formadas por carbonatos de cálcio (calcário, dolomita, quartzo, etc.)	Pedreira Javier 2, a 19 km da cidade, calcário de cor gris branco de grão médio e grosso. 76359046 T.M.	Como morteiro. Estabiliza o solo e pistas. Canais de água. Cerâmicas. Indústria de vidro. Cimento.	Corresponde em maior número às cimenteiras. 1500000 T.M. ao ano para cimento e 1970 T.M. para cal.	Cal viva 65 USD. Cal apagado 80 USD por planta.
Áridos	Os áridos também denominados agregados (gravas, areia, rochas naturais e triturada)	Pedreira San Lorenzo, Alto Jesus (a 10 km), Piedrita 1 (a 24km), Santana (13km).	Concretos (armado e celular), argamassas, rebocos, cimentos. Tijolo e telha (areia como matéria prima)	1400000 T.M. produção de areia, grava, argila, pozolana, calcário e gesso para cimento.	Pedra classificada 15 USD, Concreto 10 USD, areia e gravas USD
pozolana	É um material que contém sílice amorfa e aluminica. Procedente de fragmentos vulcânicos.	Pedreira de Anashuayco, sua composição mineralógica é de boa qualidade para o cimento pozolanico.	Indústria do cimento pozolanico em mescla com clinker Portland. Concretos com este cimento obtém alta resistência. É um bom isolante térmico.	360000 T.M. por ano na indústria do cimento.	4.5 a 5.7 USD por tonelada

Quadro 23: Materiais locais disponíveis em Arequipa. Fonte: Elaboração do autor baseado em AIRE (2015)

Observa-se que a maioria destes materiais locais é de uso frequente na região e a distância das pedreiras à cidade é relativamente próxima, o que se mostra favorável, pois diminui o impacto ambiental no transporte.

Todos estes materiais têm uma alta demanda na região e um bom fornecimento. A extração e produção da maioria dos materiais são de forma artesanal, portanto não há dados estabelecidos corretamente.

O andesito é um material tradicional da região e não deve ser limitado ao uso de paredes e revestimentos de acordo com as suas características térmicas e isolamento acústico, além do baixo custo em relação ao sillar e tijolo.

Para a produção de concreto a base de cimento é necessária água, agregados miúdos e graúdos. O cimento é o material de maior impacto ambiental, e é determinante para definir se o concreto é amigável com o meio ambiente. Para a fabricação de cimento é preciso de calcário e gesso, estes recursos também estão disponíveis em Arequipa, o problema é a fase de fabricação, onde ocorre a emissão de grande quantidade de CO² na atmosfera. Por conseguinte, é desejável utilizar outros materiais que reduzem o uso da quantidade de cimento na produção do concreto. A utilização de fibras vegetais (casca de arroz, cana, etc.), a reciclagem de pneus e materiais de construção (cerâmicas, tijolos), etc., irão substituir uma percentagem do uso de cimento, resultando o concreto, muitas vezes mais econômico, durável e resistente do que o tradicional.

Na fabricação de tijolos é preciso ter argila, que está disponível em Arequipa, o problema encontra-se na fabricação artesanal ou industrial que emitem grandes quantidades de CO².

Por outro lado em siderurgia há um alto consumo de energia e altas emissões de gases, mas em seu favor o aço é um material que pode ser reciclado. Em Arequipa a siderurgia é realizada pela empresa "Aceros Arequipa", que aparentemente tem em consideração a eficiência de energia, água, e recursos, bem como controle da saúde e poluição, através do selo verde "Consejo Grenbuilding" (GBC). Arequipa tem o maior depósito de ferro do Peru, no distrito de Acarí, que permite a maior oferta de ferro local.

Os materiais locais historicamente utilizados eram consoantes com a sustentabilidade ambiental para a cidade de Arequipa, além de muitos materiais locais para o potencial de construção, sobressaindo a rocha sillar como o melhor material construtivo para paredes e coberturas, principalmente no envelope da edificação pelas suas propriedades físicas que contribuem à proteção climática e sísmica. Mas atualmente, estes devem ser melhor analisados para uma adequação à arquitetura, pois, deve-se considerar também a possibilidade de uma futura exaustão das pedreiras de sillar. Nesse sentido a seguir analisa-se a rocha sillar.

3.7.2 Análise da rocha vulcânica sillar

São analisados alguns critérios que possam contribuir ao uso consciente desta matéria prima, na sua extração e produção.

As pedreiras encontram-se localizadas em muitos lugares da região, por exemplo, Yarabamba, Yura, Uchumayo, etc., inclusive em outras províncias, como o famoso vale do Colca. A exploração começou na parte norte (*Independencia, Primero de enero, etc.*), com a qual construíram os monumentos na época colonial, e se encontram esgotadas. Atualmente na quebrada de Añashuaico é onde se extrai a maior quantidade de volume de *sillar*. Tem uma longitude de 18 km e alcança até 30 m de altura, estimando-se uma profundidade de 250 metros. (Tamayo et. al. 1989). O local de extração se sobrepõe aos usos, industrial, habitacional e agrícola. Encontra-se contaminada pelos efluentes de águas industriais (cromo e sulfuro de sódio) provenientes do parque industrial Río Seco (Trujillo, 2007). A exploração intensa nos últimos 70 anos confirma uma grande quantidade de desperdício existente, fazendo deste um depósito de entulho. Apresentam-se outras pedreiras que garantem o abastecimento do material para os quatro séculos próximos (Tamayo et. al. 1989). Quem toma as decisões sobre a qualidade do produto (dureza cor, eflorescência, etc.) é o próprio funcionário. Sem nenhum fundamento teórico ou técnico. Assim mesmo não existem organismos para qualificar o *sillar*. O processo de extração realiza-se de forma artesanal e rudimentar. Em uma primeira fase há extração do bloco primário, na segunda fase o fracionamento do bloco primário e na terceira fase o forjado final do bloco de *sillar*. (Tamayo et. al. 1989). Durante este processo são produzidos dois tipos de desperdício, dependendo do tamanho é comercializado.



Figura 111: Desperdício de sillar e contaminação de águas industriais em Añashuayco. Fonte: nexmidaza.blogspot.com.br. Acesso em 20/05/2016.

Do processo de extração à produção não existe mobilização porque é realizado no mesmo lugar. Uma pessoa e seu ajudante rendem aproximadamente 400 unidades de *sillar* ao mês. A pessoa tem experiência, os conhecimentos foram transmitidos de geração em geração. As condições de trabalho são rigorosas e perigosas.

Temos 4 tipos de produtos em *sillar*, o primeiro o mais utilizado, com dimensões de 200 x 300 x 550mm, apresenta uma geometria regularmente definida. O segundo com dimensões aproximadas de 200 x 250 x 600mm com uma geometria mais definida, o custo é 25 % maior por ser de pedido especial. O terceiro com dimensões entre 200 x 350 x 600mm, com uma geometria imperfeita, pois resulta de cortes falidos, o custo é 50 % menor. O quarto que é resultado de blocos que foram sobrando com dimensões inapropriadas, não tem valor (Tamayo et. al. 1989).



Figura 112: bloco de sillar 200 x 300 x 550mm. Fonte: UNSA Arequipa,

Existem motoristas que comprem diretamente do produtor, os blocos de sillar, comercializando 90% da produção, transportando o material à cidade.

Os usuários na década de 90 eram os povos marginais, que o utilizavam para construir suas casas ou muros. Atualmente é mais utilizado para revestimentos, embora novos projetos (mínimos) estão utilizando o sillar como material construtivo, sendo este de espessura mínima, perdendo assim suas qualidades termo-acústicas para o conforto dos cômodos.

Não existe nenhum tipo de reciclagem e os resíduos sólidos são principalmente da etapa de extração conforme visto.

3.7.3 Critérios sustentáveis

A rocha vulcânica sillar é um material com propriedades termo acústicas, além de ser sísmo resistente, com uma refletância na faixa solar favorável pela cor branca. Portanto contribui à adequabilidade climática do edifício. Ao não modificar sua composição química e usá-lo naturalmente, o único consumo energético é do transporte o qual é relativamente pequeno (distância de 14km). O problema está no sistema de extração nas pedreiras, pelo excessivo desperdício, além de contaminar o lugar com resíduos, uma solução poderia ser a industrialização na etapa de extração, ou a possibilidade de reutilizar como agregado ou inovar matérias híbridas através do entulho, pois a composição química e física contribui à qualidade do material. Tendo em consideração que não é um material renovável, o uso deve ser consciente, e deveriam ser implementadas normas de exploração.

Não é suficiente o sillar ter propriedades termo-acústicas, é importante considerar seu impacto ambiental e social. Na etapa de extração há um perigo constante para o artesão. Devem ser utilizados dispositivos de proteção adequados (óculos, cordas, etc.) ou então industrializar esta etapa.

Os profissionais da construção têm mais familiaridade com o uso do tijolo de argila, ou revestimentos em sillar. Mas este último perde suas propriedades termo-acústicas e sismo resistência em função da sua menor espessura. Nesse sentido o uso misto destes materiais (tijolo, bloco de sillar), inicialmente poderia ser uma solução. O uso do sillar daria uma identidade à cidade, pois em nenhum outro lugar constrói-se com este material.

Os desperdícios poderiam ser utilizados na cimentação dos prédios. Os blocos poderiam reutilizar-se, caso sejam extraídos adequadamente. Em caso de demolição poderia se utilizar em cimentações de outras construções.

Uma das principais razões de escolha do material é a questão econômica que o torna menos acessível para a população. Atualmente o uso do sillar para construção de paredes é muito mais custoso que construir em tijolo, pela oferta e demanda.

	Sillar	Tijolo	Preço USD	Preço final m2 Sillar	Preço final m2 tijolo
N de unidades / m2	8	55	0.20 tijolo c/u 2.00 sillar c/u	18,29 USD	13,75 USD
Cimento (bols / m 2)	0.22	0.25	7.00 / saco		
Areia (m3 / m 2)	0.03	0.04	25.00 / m3		

Quadro 24: Comparação do preço do sillar e tijolo em uma parede (m2). Fonte elaboração do autor

O Plano Diretor de Arequipa(2016-2025) recomenda respeito à área de extração do sillar, define uma área de amortecimento para sua proteção, promove seu caráter turístico e impede qualquer intervenção que possa afetar a sua integridade.

Com o adequado desenvolvimento nas etapas de produção e extração dos materiais locais, considerando os critérios de sustentabilidade, existiria a possibilidade de uso de muitos materiais, permitindo assim limitar e controlar o uso e extração da rocha sillar, para conservar esta matéria prima, além da possibilidade de um sistema construtivo com o qual seja possível reutilizar o material.

Conforme descrito as análises do ciclo de vida dos materiais, assim como a consideração dos princípios de sustentabilidade, são de vital importância na hora de escolher materiais de construção. Nesse sentido é importante uma análise de cada um dos materiais de construção de uso frequente em Arequipa, mas ainda quando há grande potencial de recursos em matéria prima para a produção de materiais de construção.

3.8 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme analisado, observa-se que a arquitetura vernácula é resultado de sua adaptabilidade climática, satisfazendo o conforto dos usuários.

Destas análises observamos alguns critérios, parâmetros e dados que podem contribuir ao design de projetos contemporâneos. Portanto apresentamos algumas recomendações que possam contribuir aos projetos de casas de baixa renda em Arequipa.

3.8.1 Ventilação

Proteger o envelope das edificações dos ventos frios noturnos e aproveitar através da ventilação natural os ventos frescos diurnos.

Aproveitar a escarpa para provocar uma “sombra de ventos”, seja para renovar o vento fresco ou diminuir a intensidade do vento frio.

Dispor os cômodos de serviço, como por exemplo, depósitos, frontal à direção dos ventos frios (nordeste), para proteger os demais cômodos da edificação.

Dispor os cômodos que precisem de ventilação como a cozinha, banheiro, sala etc., frontal aos ventos frescos do dia (Oeste e Sudoeste).

Considerar na concepção dos projetos o pátio central para que a maioria dos cômodos esteja ventilada através da ventilação cruzada.

Considerar para a análise da ventilação, trechos específicos, agrupamentos arbóreos e edificações que possam interferir na intensidade e direção dos ventos.

Calcular a velocidade do vento em função da altura das janelas, assim como a velocidade no interior do ambiente, para definir as dimensões e características das janelas. Em termos gerais, as janelas devem ocupar 40% da superfície da fachada frontal aos ventos frescos do dia.

3.8.2 Insolação e Luz Natural

Orientar às construções 45° em relação ao norte contribui para manter uma insolação quase uniforme nas fachadas ao longo do ano, exemplo disto é a casa Churajón.

É recomendável que o volume do cômodo com orientação Sul seja menor que os outros, pela pouca radiação solar nesta fachada.

Projetar os tetos com forma abobadada ou telhados inclinados, com cores claras, para reduzir a insolação e refletir a radiação solar, exemplo disto é a casa Moral.

Orientar os cômodos que precisem de maior iluminação natural na fachada norte, nordeste e noroeste, como cozinhas, sala de estudo, sala de estar, etc.

Considerar os obstáculos do entorno para não prejudicar a iluminação natural da edificação. Deixar recuos ou pátios com orientação norte, nordeste e noroeste para aproveitar os ganhos energéticos e iluminação natural.

Proteger as áreas livres e pátios com árvores ou coberturas leves contra a radiação forte do dia.

3.8.3 Térmica

Utilizar a rocha vulcânica sillar para contribuir ao equilíbrio térmico dos ambientes, além de sua baixa absorvidade solar diminui a temperatura do ambiente em comparação com outros materiais (tijolo, concreto, andesito). Convém utilizar a rocha sillar na cobertura do último andar devido a sua baixa transmitância térmica.

Proteger as janelas ou portas contra a grande transmitância térmica dos vidros e esquadria de metal.

Projetar a forma da edificação com o mínimo de aberturas possíveis para evitar as perdas energéticas durante a noite.

Utilizar materiais ou pinturas claras com baixa absorvidade solar.

Projetar os ambientes com o maior volume possível e com um alto pé direito, considerando que não haja infiltrações durante a noite, exemplo disto é a casa Moral.

Evitar o uso do concreto e tijolo na cobertura do último andar, para evitar um superaquecimento do ambiente.

Procurar manter uma ventilação cruzada nos ambientes interiores.

3.8.4 Acústica

Utilizar drywall ou bloco de concreto para paredes cegas de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual.

Utilizar tijolo maciço e o sillar em paredes cegas de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual.

Utilizar andesito para paredes cegas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer, etc.

Prestar atenção aos componentes da fachada frontal à rua ou fonte de ruído. Utilizar portas e janelas com algum tipo de isolamento acústico, evitando aberturas muito grandes.

A largura das paredes, varia de acordo com o tipo de ambiente e disposição exterior / interior.

3.8.5 Materiais

Utilizar matérias locais para diminuir o impacto ambiental no transporte, e criar uma identidade da expressão construtiva, podendo utilizar a rocha sillar e andesito.

Escolher conscientemente os materiais construtivos, considerando impacto ambiental, sociocultural e econômico.

Evitar o uso do tijolo porque na fase de produção há grande impacto ambiental.

Evitar o uso da cobertura metálica ondulada porque não se adequa às condições climáticas locais.

Reduzir o uso de cimentos, ou misturá-lo com materiais recicláveis de construção, ou fibras vegetais.

Utilizar o aço em estruturas, evitando seu uso nos demais componentes construtivos pela elevada poluição atmosférica em sua produção, ainda que seja reciclável,

Utilizar de preferência o sillar no envelope da edificação, considerando suas propriedades térmicas, acústicas, refletância solar, textura, permeabilidade, peso leve, resistência ao fogo e a compressão favorável aos fenômenos sísmicos, e fácil manipulação da forma.

Evitar o uso do sillar em revestimentos, porque há perda de suas propriedades físicas.

Reciclar o sillar principalmente das pedreiras, inovando com materiais híbridos, procurando diminuir os custos do material.

Utilizar um sistema construtivo de forma que o sillar possa ser reutilizado em outras edificações, para não esgotar a matéria prima.

Considerar o ciclo de vida dos materiais construtivos, favorecendo a durabilidade destes.

CAPITULO 4- RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Em continuidade os princípios descritos neste capítulo resultam da observação e análise da arquitetura vernácula do lugar baseado nas considerações dos capítulos dos e três e da revisão bibliográfica. Há a intenção de aportar critérios de design, que permitam a integração dos novos projetos de habitação de baixa renda a seu entorno ambiental, em consideração de diversas questões como: a implantação dos lotes, orientação das fachadas, e o emprego de materiais e técnicas construtivas adequados, etc. Nesse sentido o grupo GPAS da FAU/UFRJ estabeleceu os alvos: Implantação, Morfologia, Materialidade, Espacialidade no processo de integração dos princípios de sustentabilidade ambiental aos projetos arquitetônicos. Com base nestes alvos são descritas algumas recomendações para o desenvolvimento sustentável para a habitação de interesse social.

4.1 IMPLANTAÇÃO

4.1.1 Identificação e qualificação do lugar

É importante que os profissionais envolvidos no design e projeto das edificações considerem a relação com seu entorno ambiental, através de sua adequabilidade climática, conexões, poluição, áreas de risco e áreas favoráveis para sua implantação, assim como a orientação do tecido urbano.

➤ CONEXÕES

Na escala do planejamento urbano, o tecido urbano deve equilibrar a comunicação e o acesso dos cidadãos aos serviços, com a ocupação e uso do solo. É recomendável a implantação de novos projetos em lugares próximos às principais atividades urbanas, como centros de trabalho, saúde, lazer, etc., na procura de uma redução da mobilidade das pessoas em grandes trajetos pela cidade. Por outro lado, Arequipa embora seja uma cidade bem centralizada, apresenta também problemas de mobilidade urbana, com a necessidade de descentralizar algumas de suas atividades.

Novas ocupações urbanas devem usar áreas degradadas em vez de terra verde. Revitalizar áreas abandonadas, como por exemplo, aquelas de antigas indústrias e aumentar a densidade das edificações.

➤ POLUIÇÃO

A contaminação do ar em Arequipa é de alto risco, causada principalmente pelo transporte motorizado, acumulando-se o smock por causa das características geográficas da cidade. Devido à pequena ventilação na camada limite urbana, principalmente no centro da cidade e distritos próximos, há qualidade do ar é deficiente e uma solução seria melhorar a qualidade do ar através da recuperação da vegetação nativa. Merece estudos à parte a solução para o problema do transporte.

A poluição de um setor do Rio Chili através do esgoto também é um grande problema, considerando ainda mais que é o único rio da cidade. Mas atualmente a cidade está tomando consciência disto através de algumas infraestruturas (anexo C).

➤ RISCOS

O maior perigo em Arequipa é o risco vulcânico caso alguns dos vulcões entrem em erupção, assim como as inundações nos meses de verão, principalmente nas áreas próximas às torrentes, nesse sentido é importante seguir as diretrizes do Plano Diretor local.

As pessoas devem se proteger da incidência da radiação solar na faixa ultravioleta (UV), pois Arequipa é considerada de alto risco com relação às doenças como câncer de pele. Nesse sentido é importante proteger as áreas livres com algum tipo de cobertura leve ou com arborização. Nas construções devem ser utilizadas pérgolas com trepadeiras para barrar a radiação solar direta.

A campina sempre está em risco devido ao crescimento da cidade. Enfatiza-se a criação de áreas de amortecimento para proteger a campina e evitar a ocupação do solo natural.

Reflorestar as periferias e novos assentamentos humanos da cidade (alto Cayma, alto Miraflores, Cono Norte, etc.), inspirados na concepção dos *andenes*, para melhorar a qualidade de vida do cidadão e evitar riscos à saúde.

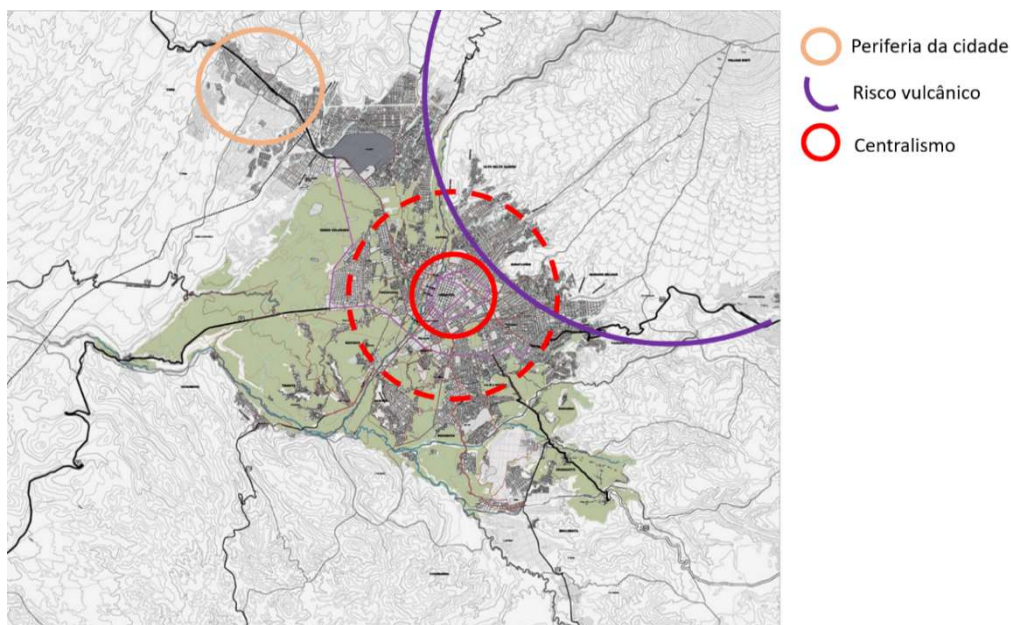


Figura 113: Identificação e qualificação do lugar de Arequipa. Fonte: Elaboração do autor

➤ ORIENTAÇÃO

Definir uma ótima orientação do traçado urbano, isto dependerá das múltiplas variáveis ambientais, ventilação, acústica, térmica, visual, etc., para garantir o maior grau de conforto possível. A orientação 45° Norte numa superfície plana por exemplo, conforme descrito mostrou-se favorável, mas

não se pretende definir uma única orientação, pois variará em cada lugar de acordo com suas características ambientais, através de um equilíbrio das variáveis envolvidas e é decisão dos profissionais envolvidos através de uma escolha consciente

Caso a implantação seja em uma montanha, a localização no quadrante Oeste é favorável para capturar os ventos frescos do dia, radiação solar da tarde para aquecer os cômodos e conservar calor durante a noite.

➤ ÁREAS FAVORÁVEIS

Recomenda-se a intervenção de novos projetos habitacionais nos distritos de *Hunter, Socabaya, JByR, Sachaca, Tiabaya, Sabandia, Characato*, etc. por possuírem melhores condições de qualidade de lugar, devido à proximidade e influência da campina, além de não se situarem na zona de risco vulcânico grave (ver anexo D).

Há uma possibilidade de implantação de novos assentamentos em algumas montanhas da cidade, que favorece uma proteção contra os frequentes sismos, um predomínio visual do território, e aproveitamento das condições climáticas e recursos naturais (ventilação, radiação solar, água, etc.), através de terraços habitacionais e áreas verdes.

4.1.2 Parâmetros urbanísticos

É importante o estabelecimento de uma definição dos parâmetros urbanísticos, pois a morfologia urbana influenciará direta ou indiretamente ao projeto arquitetônico.

➤ ESTACIONAMENTO

Em estacionamentos sem proteção de cobertura recomenda-se o emprego de pavimentos permeáveis, para minimizar o efeito de calor emitido pelas superfícies, além do uso de materiais absorventes para reduzir o ruído emitido pelos automóveis.

Evitar a orientação oeste e sudoeste dos estacionamentos respeito ao lote, pois a ventilação natural poderia carrear o ruído para as edificações.

Prestar especial atenção às paredes, coberturas e vãos dos cômodos próximos aos estacionamentos, para garantir o conforto acústico no interior da casa.

Caso a habitação apresente uma estrutura tradicional (concreto armado), é recomendável o uso do estacionamento no exterior da edificação, porque a planta livre no primeiro andar apresentaria graves problemas estruturais em caso de movimentos sísmicos de grande magnitude.

➤ ALTURA DA EDIFICAÇÃO

A norma peruana estabelece a altura da edificação através da equação, 1,5 vezes a largura da via mais os recuos ($1,5(a+r)$), ou da seguinte forma:

Tipo	Número de pisos
Unifamiliar	3
Multi-familiar	6
Complexo residencial	12

Quadro 25: número de pisos de habitações de acordo a normativa local. Fonte: elaboração do autor

Considerando estas alturas podemos analisar a influência sobre outras edificações para garantir a iluminação natural e sombreamento (ver em adequação climática).

Em Arequipa a altura máxima das habitações limita-se a 4 andares na maior parte da cidade para não utilizar elevadores nos projetos, o que aumentaria o custo final do projeto.

➤ ÁREA LIVRE

A área livre mínima do lote varia entre 30 e 60 % de acordo com o plano diretor local, sendo o primeiro o mais utilizado para aproveitar ao máximo possível a área construtiva do lote. Seria importante estabelecer uma porcentagem das áreas livres para o uso do solo natural ou vegetação, para contribuir ao equilíbrio climático (MARTINS, 2010).

Reduzir a área do edifício, vias de acesso e áreas de estacionamento para promover uma maior zona verde.

➤ COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO

Em Arequipa este coeficiente varia entre 1,2 e 6,0, sendo a relação entre a área construída máxima e o lote, estes valores são devido a tipologia habitacional (unifamiliar ou coletiva), limitando muitas vezes a altura da edificação o que incentiva uma densidade baixa e em consequência maior ocupação do terreno.

Otimizar a densidade da ocupação, a fim de racionalizar o consumo de terras e garantir a viabilidade e acessibilidade aos serviços locais, evitando o contínuo crescimento horizontal da cidade, que incentiva o trânsito de grandes distâncias, além de novos assentamentos informais com más condições de habitabilidade. À medida que a densidade de uso da terra aumenta, deve aumentar a qualidade da edificação, especialmente no que diz respeito ao isolamento acústico.

➤ RECUOS

Recomenda-se deixar os recuos de maior dimensão nas orientações leste e oeste do lote, pois isto permitirá o aproveitamento dos raios solares das primeiras e últimas horas do dia. Além de garantir sombras em algumas horas do dia. Os recuos com orientação norte e sul podem ser de menor dimensão, pois os raios solares incidem de forma quase vertical. O dimensionamento dos recuos deve garantir a iluminação natural, e variará dependendo da altura da edificação e em relação ao ângulo de incidência solar em cada orientação.

➤ PRESERVAÇÃO E USO DA VEGETAÇÃO

Em função do entorno da campina ou áreas agrícolas, aproveitar o microclima destas pela umidificação e um ar mais limpo, em função dos ventos e orientação, para proporcionar um conforto térmico e melhorar a qualidade do meio ambiente.

Nos lugares onde não há uma extensão da campina é importante criar um microclima através do uso da vegetação local, como por exemplo em: *Ciudad de Dios, Cono Norte, Yura, Cerro Colorado*, etc.

Incorporar espécies de plantas nativas (*Huarango, Tara, Quenoa, Molle, Vilco*, etc.), a fim de aumentar o valor ecológico do sítio e meio ambiente, que é primordial para sua adequabilidade ao entorno físico local.

➤ LOTE

O custo do terreno não deve ser um impedimento e as políticas urbanas devem contribuir na aquisição dos terrenos aos menos favorecidos (Anexo E).

A flexibilidade da forma do lote é importante para sua adequação bioclimática.

O loteamento deve ter divisas descontínuas para facilitar a ventilação entre as edificações, que devem ser desalinhadas (BRASIL, 2005).

4.1.3 Adequação ao entorno climático

De acordo com o Diagrama Bioclimático de Givoni, as estratégias bioclimáticas necessárias para o conforto térmico em Arequipa são: calefação por ganhos internos, calefação solar passiva e ativa, umidificação e calefação convencional (Llanque, 2003).

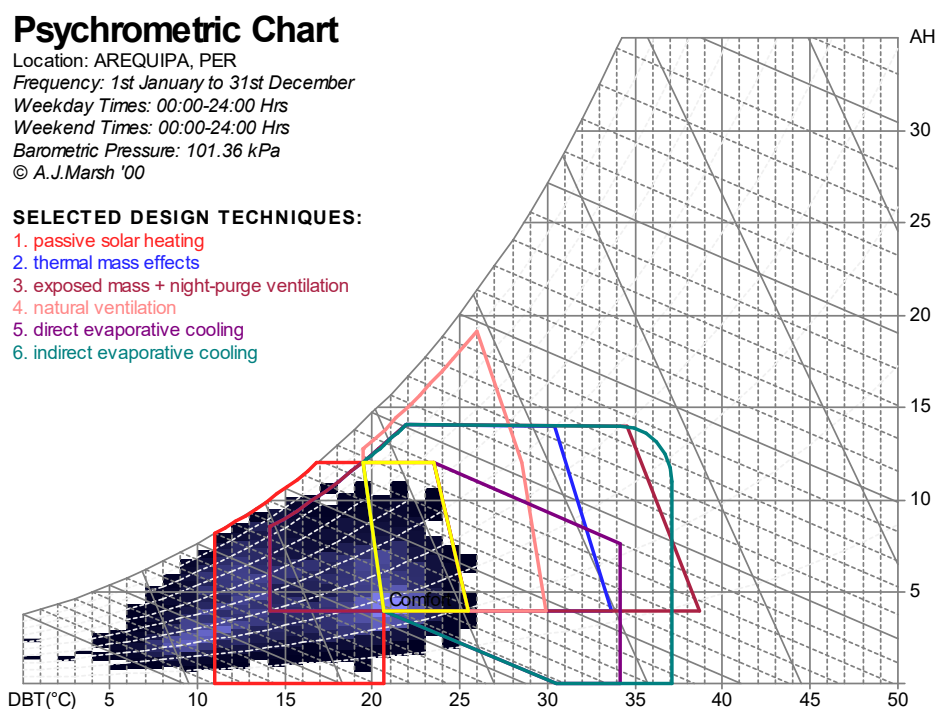


Figura 114: Diagrama psicrométrico ASHRAE. Fonte: Dados climáticos de ASHRAE e processado em Ecotect weather tool.

➤ INSOLAÇÃO VERÃO E INVERNO

Segundo Almodóvar et al. (2012) e conforme observado em análises anteriores, a orientação urbana azimuth 45° para o eixo dos lotes, garante que todas as fachadas recebam melhor insolação ao longo do ano, um exemplo desta orientação é o complexo descrito de Churajón.

Proteger as áreas livres e pátios com árvores ou coberturas leves contra a radiação forte do dia. As sombras proporcionadas pelas edificações em Arequipa são insignificantes, fundamentalmente nas horas centrais do dia, quando a incidência da radiação solar é mais intensa. Há ainda o uso da vegetação para reduzir a radiação incidente. Mas num clima tão seco como o de Arequipa e com radiação muito intensa na maior parte do ano, é muito conveniente introduzir elementos vegetais ao espaço público. Os elementos vegetais devem ser convenientemente de porte baixo, copa ampla e folhas perenes (Almodóvar, 2006). Deste modo é possível criar uma sombra estável e ampla ao nível do pedestre, sem produzir obstrução à captação de energia solar nas edificações.

Utilizar materiais ou pinturas claras com baixa absorvidade solar, para reduzir a insolação e refletir a radiação, exemplo disto é a casa Moral.

Considerar os obstáculos do entorno para não prejudicar a iluminação natural da edificação. Deixar recuos ou pátios com orientação norte, nordeste e noroeste para aproveitar os ganhos energéticos e iluminação natural.

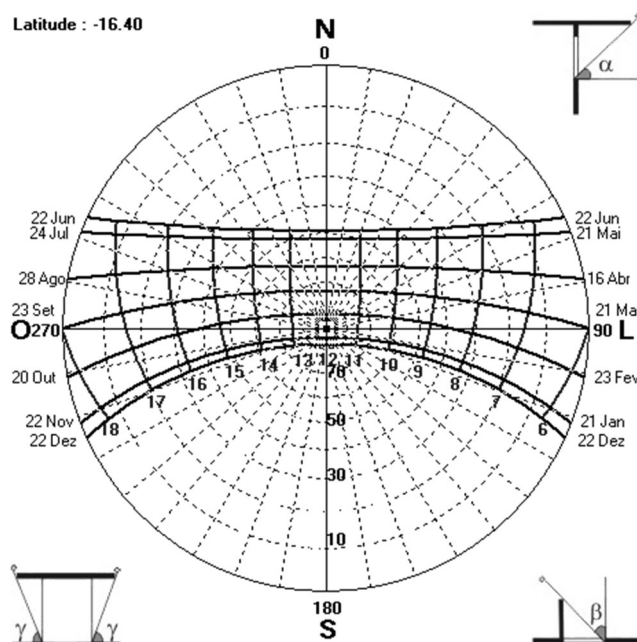


Figura 115: Trajetória solar de Arequipa. Fonte: Elaboração do autor - Software SOL-AR 6.2

➤ TEMPERATURA NEUTRA VERÃO E INVERNO

Conforme descrito esta disposição de 45° Norte permite a obtenção de uma distribuição mais homogênea da energia solar nas fachadas durante a maior parte do ano. Nas fachadas sudeste e nordeste a radiação solar incide nas primeiras horas do dia, o que é favorável para elevar com rapidez a

temperatura ambiente interior. As fachadas noroeste e sudoeste recebem a radiação ao final do dia, o que é importante para a armazenagem do calor nas paredes, para retardar o rápido descenso de temperatura durante a noite.



Figura 116: insolação do traço urbano 45°. Fonte elaboração do autor

Convém utilizar a rocha sillar no envelope da edificação, devido a sua baixa transmitância térmica e absorvidade solar, contribui ao equilíbrio térmico dos ambientes em comparação com outros materiais. Evitar o uso do concreto e tijolo no envelope, para evitar um superaquecimento do ambiente, principalmente no último andar.

Proteger as janelas ou portas contra a grande transmitância térmica dos vidros e esquadria de metal.

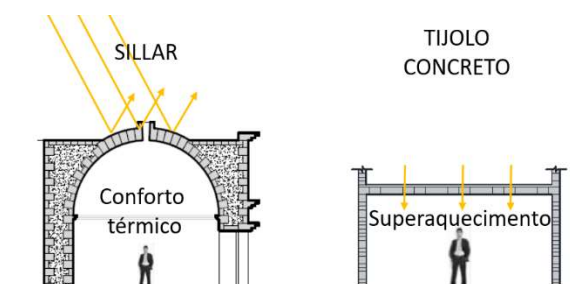


Figura 117: Esquema de conforto térmico através de materiais. Fonte elaboração do autor

➤ REGIME DOS VENTOS

Prover a proteção da fachada nordeste contra os ventos frios noturnos e aproveitar através da ventilação natural os ventos frescos diurnos.

Assegurar uma ventilação mínima e de preferência aplicar sistemas de ventilação cruzada, porque no ambiente do interior de edifícios há sempre um grande número de poluentes originários de várias fontes presentes, alguns deles podem ser prejudiciais à saúde como poeiras, monóxido de carbono, radônio, formaldeído, compostos orgânicos voláteis, etc.

Também para favorecer uma exaustão natural, podem ser incorporadas chaminés aquecidas pela energia solar. Uma das vantagens do uso de chaminés solares é a capacidade de autoequilíbrio, quanto mais quente for o ambiente, mais a chaminé vai ser aquecida e, por consequência, o movimento de ascensão do ar será maior. (EUSKO, 2009).

Procurar manter o valor mínimo de 5 renovações de ar por hora da vazão, para diminuir a temperatura interna dos ambientes.

Considerar para a análise da ventilação, trechos específicos, agrupamentos arbóreos e edificações que possam interferir na intensidade e direção dos ventos.

Aproveitar a escarpa das montanhas para provocar uma “sombra de ventos”, seja para renovar o vento fresco ou diminuir a intensidade do vento frio.

Plantar árvores de troncos altos na direção dos ventos diurnos para permitir sua permeabilidade. Para os ventos com direção noturna, utilizar obstáculos para atenuá-los ou bloqueá-los, como por exemplo, uma vegetação densa, que evitaria os fluxos vindos dos corpos de água.

➤ UMIDIFICAÇÃO

Utilizar fontes de água em átrios abertos de modo que o fluxo de ar permita arrefecer os cômodos durante o dia, mas ainda quando a umidade relativa for baixa como o caso de Arequipa. O ar seco quando umidificado pela água se arrefece, criando um microclima mais ameno. (BRASIL, 2005).

➤ RUÍDOS EXISTENTES

Utilizar obstáculos das fontes promotoras de ruídos (avenidas), sem que a ventilação ou campo visual sejam comprometidos. Esta etapa de isolamento acústico na área exterior da casa é de vital importância para não comprometer as demais variáveis de conforto (ventilação natural). O muro robusto de andesito (25cm) mostra-se favorável como proteção do ruído intenso e pode ser utilizado em direção à avenida, além de recuos entre o muro e da fachada da edificação.

4.1.4 Gestão de recursos

➤ SISTEMA DE ÁGUA

Utilização de dispositivos economizadores, principalmente nas instalações e mobiliário sanitário. Instalar equipamentos, dispositivos e sistemas que permitam e incentivem a economia de água no edifício nas operações diárias: vasos sanitários, torneiras e chuveiros, restrições de vazão e redutores de pressão. (EUSKO, 2009).

Evite ou substitua o uso de vegetação de origem exótica com grande demanda de água (eucalipto, mora, pino, sauce, etc.) porque consomem em demasia recursos hídricos e nutrientes, que atualmente são cada vez mais escassos.

➤ APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

É importante captar as águas das chuvas através da inclinação das coberturas.

Instalar um sistema para usar a água da chuva do edifício que poderá ser usado em descargas sanitárias, máquina de lavar louça e jardins. O sistema

típico incorpora um tanque de armazenamento de água, sistema de filtro e de distribuição (bomba e tubos). (EUSKO, 2009).

➤ **MANEJO DOS RESÍDUOS**

O uso de materiais recicláveis na construção é de vital importância para a conservação da matéria prima e equilíbrio do meio ambiente.

Instalar um sistema para reutilizar a água cinzenta do edifício, como as águas residuais da banheira, chuveiro e máquina de lavar, etc. Esta água pode ser reutilizada após purificação (por tratamento biológico, filtro de hélio, etc.), por exemplo, para descarga sanitária, limpeza, irrigação, etc. Se não existe um sistema de esgoto, instalar sistemas de pequena escala para o tratamento de água de cinzento e / ou de esgoto. (EUSKO, 2009).

➤ **USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS**

As energias renováveis nas edificações, como a solar, eólica são utilizadas como um complemento ou substituto para a energia convencional. O uso da energia renovável pode resultar em projetos não-tradicionais e instalações específicas no envelope e no interior do edifício. A energia solar pode ser convertida em energia térmica ou elétrica, esta pelo efeito fotovoltaico.

Uso de painéis solares para o aquecimento da água.

4.2 MORFOLOGIA

Entender a forma construtiva e não só copiar os elementos simbólicos sem entender sua concepção funcionalista, pois muitas vezes perde seus valores conceituais.

4.2.1 Fator de forma

Projetar edificações com predomínio do cheio sobre o vazio, com dimensão menor dos vãos como proteção contra o frio e para evitar as perdas energéticas durante a noite, tendo em consideração o equilíbrio entre iluminação natural e ventilação.

Procurar a simplicidade da forma para economizar custos. Com geometrias simples, pode-se inspirar nas formas da arquitetura tradicional como a casa Moral e Churajón, com inclinação dupla da cobertura, assim como abobadados.

É recomendável prestar principal atenção ao design da cobertura, pela forte radiação durante o dia, muito perpendicular à superfície. Mas durante a noite esfria rapidamente. A dupla inclinação e o teto abobadado com o material de sillar branco, diminuem a intensa radiação no plano horizontal e protegem e capturam das águas pluviais.

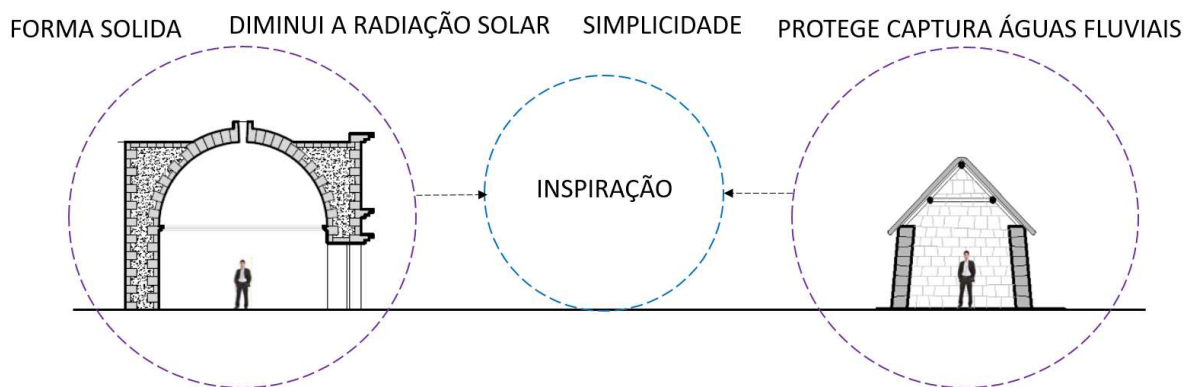


Figura 118: inspiração da forma. Fonte: elaboração do autor

Não deve existir uma limitação de geometria para os blocos dos materiais, no caso do sillar pode-se experimentar em múltiplas formas, por sua facilidade de ser moldado. Possibilitando novas formas para o envelope através de sua textura e estética.



Figura 119: Exemplo de possibilidades de expressão construtiva incentivando a ventilação e iluminação natural. Fonte: _____.

A disposição da forma do edifício deve permitir uma possível ampliação no futuro.

Em função das propriedades dos materiais, as suas dimensões , variaram com respeito à orientação, já que fatores climáticos influenciaram de diferente maneira em cada fachada. Tendo em consideração a intensidade e direção dos ventos predominantes diurnos e noturnos, assim como a radiação solar, e as fontes de ruídos. Nesse sentido Almodóvar (2006) estudou as dimensões das paredes de sillar (30, 35, 40, 45, 50 cm) em função das variáveis de transmissão de calor, (retardo térmico, amortização da onda térmica e fluxo médio de calor em um ciclo diário), tanto no inverno como no verão, Figura 120 Observando estes dados podemos definir a largura das paredes de sillar de acordo com a sua orientação, com um retardo térmico entre 7 a 9 horas, o que contribui ao conforto do ambiente. Assim como foi estudado o sillar, devem ser analisados outros materiais frequentemente utilizados na região, como o tijolo e o concreto. Em caso de utilizar sillar na cobertura do último andar, a largura deste deve ser de 35 cm.

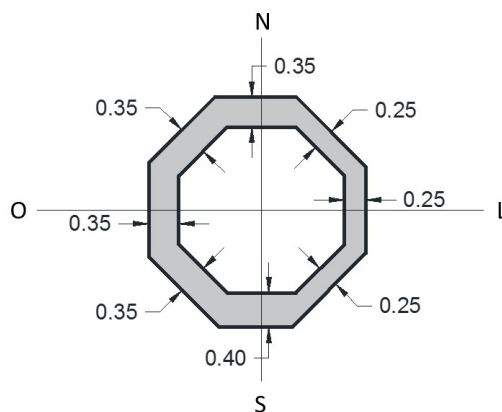


Figura 120: Largura da parede de sillar em função de sua orientação. Fonte: Elaboração do autor baseado em Almodóvar (2006)

4.2.2 Escala dos volumes

É recomendável que o volume do cômodo com orientação Sul seja menor que os outros, pela pouca radiação solar incidente nesta fachada.

Projetar os ambientes com o maior volume possível e com uma grande altura, considerando que não haja infiltrações durante a noite, exemplo disto é a casa Moral.

4.2.3 Aberturas

A forma e dimensões dos vãos devem responder ao equilíbrio visual, acústica e ventilação.

Calcular a velocidade do vento em função da altura das janelas, assim como a velocidade no interior do ambiente, para definir as dimensões e características das janelas. Em termos gerais, as janelas devem ocupar 40% da superfície da fachada frontal aos ventos frescos do dia.

Devido à elevada incidência solar, o intercâmbio energético através das aberturas é mais problemático, produzindo um superaquecimento durante o dia e um resfriamento do ambiente durante a noite. Nesse sentido as janelas devem ser de pequenas dimensões, e garantindo a iluminação natural.

As janelas verticais permitem maior penetração da luz que as horizontais. As aberturas elevadas e próximas ao teto favorecem a ventilação da massa térmica. É também recomendável o uso de elementos tipo light-shelf para aumentar o valor de iluminação incidente, (Almodóvar, 2006), mas isto depende da orientação da fachada.

As janelas com orientação frontal aos ventos noturnos merecem especial atenção para evitar as perdas de energia no interior dos cômodos, através de infiltrações não desejadas, a correta obstrução do ar diminuirá as perdas de calor durante a noite.

4.2.4 Dispositivos de proteção

Introduzir sistemas de sombreamento que permitam controlar e dosar a luz natural e a insolação direta, que entra nas diferentes áreas da casa,

principalmente nas fachadas com orientação Norte, através de venezianas ou persianas, toldos, ripas verticais ou horizontais.

As janelas dos dormitórios devem conter cortinas, persianas ou algum sistema que permita o escurecimento.

4.3 MATERIALIDADE

4.3.1 Sistema estrutural e sistema construtivo

Propor um protótipo ou modelo construtivo adaptado às condições locais, que possa ser repetido para economizar custos, possibilitando sua flexibilidade para diferentes usos.

Definir um sistema que possa repetir-se na maioria dos projetos, como por exemplo o uso de materiais locais (andesito e sillar), disposição entorno de um pátio central, protótipo formal através de tetos inclinados ou abobadados e implantação adequada ao entorno, etc.

Não restringir o sistema construtivo ao concreto armado. Aplicar um sistema construtivo que seja acessível à economia do usuário local. Inovar com novos sistemas que garantam a resistência sísmica.

A “arte da construção” ou “potencial de expressão construtiva” da arquitetura é capaz de reunir aspectos materiais e construtivos aos aspectos culturais e estéticos (Amaral, 2009). Exemplo disto são as tipologias *Churajón* e *El Moral*, que podem ser inspiração para inovar e trazer novas soluções e expressões construtivas através das tecnologias atuais.

Priorizar o uso de juntas mecânicas rápidas e removíveis: Se é tecnicamente possível e viável, a flexibilidade do edifício é melhorada usando paredes removíveis. A vida útil do edifício pode ser prorrogada por substituição de peças. Juntas mecânicas rápidas e removíveis facilitam as operações de manutenção e reduzem a geração de resíduos nestas operações. (EUSKO, 2009).

Utilizar um sistema construtivo de forma que o sillar ou outros possam ser reutilizados em outras edificações, para não esgotar a matéria prima.

Em montanhas ou inclinação de terrenos utilizar o sistema construtivo através de plataformas inspirados nas andenerias, para o tratamento do terreno.

4.3.2 Materiais constituintes – fachadas, pisos e coberturas

Escolher conscientemente os materiais construtivos, considerando impacto ambiental, sociocultural e econômico.

Utilizar materiais locais (granito, andesito, etc.) que têm propriedades termo-acústicas adaptadas aos rigores climáticos locais, consoantes com o conforto do usuário, e diminuindo custos principalmente no transporte. A textura destes se apresenta com diferentes tonalidades que dão uma expressão construtiva, identidade e adaptação a seu entorno.

Evitar o uso de materiais que gerem muita poluição tanto na sua produção, como na construção da obra.

De acordo as propriedades acústicas dos materiais, utilizar drywall ou bloco de concreto para paredes cegas de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual. Utilizar tijolo maciço e o sillar em paredes cegas de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual. Utilizar andesito para paredes cegas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer, etc.

Usar informações sobre as características ambientais dos produtos e componentes para incorporar ao edifício. Estes podem afetar aspectos como a geração de resíduos (reciclagem / reutilização), economia de energia, sem componentes tóxicos, a disponibilidade de materiais de construção locais, etc. A utilização de materiais reciclados reduz o consumo de matérias-primas, resultando em redução do consumo de recursos renováveis e não renováveis, e, portanto, ocorre uma conservação do meio ambiente. A utilização de materiais com componentes de baixa toxicidade melhora o interior da habitação porque a qualidade do ar contribui para maior conforto, bem-estar e saúde dos ocupantes da casa. (EUSKO, 2009).

Incorpore ao design do edifício soluções para aproveitar a inércia térmica dos materiais e componentes da construção. A massa térmica atua como um "sistema" de armazenamento de calor mantendo a temperatura do edifício durante a noite e atrasando o seu aquecimento de dia. Possibilidade de utilizar materiais mistos (locais), tijolo, pedra granito e pedra vulcânica sillar, pois apresentam um bom comportamento térmico conforme descrito, com a finalidade de obter mais ganhos de energia solar e para garantir o retardo térmico superior a 8 horas, sem esquecer o comportamento térmico de acordo com a espessura e orientação.

Utilizar materiais com cores claras para refletir a luz natural no interior do ambiente.

Usar madeira apropriada para cada uso e produzida de forma sustentável. Considerar o uso de madeira produzida em lugares distantes, envolve alguns impactos associados ao transporte. A madeira de uso local deve ser limitada pois a vegetação arbórea é escassa.

Escolha uma vidraça adequada para minimizar as perdas de calor do prédio. Uma vidraça pode ser caracterizada por parâmetros tais como a resistência mecânica, índice de atenuação acústico, o coeficiente de transmissão de luz, o coeficiente de transmissão de energia ou do fator solar, o coeficiente de condutividade térmica, etc. A escolha de um determinado tipo de vidro depende das condições específicas do edifício e do ambiente em que ele está localizado. (EUSKO, 2009).

Reutilizar resíduos de construção e demolição como enchimento. O uso desses resíduos no próprio lugar em que é feita a construção reduz movimento

de terras e processos de transporte associados tanto à gestão destes materiais como resíduos, como à contribuição de material de enchimento.

Possibilidade de utilizar os resíduos das pedreiras de sillar para construção de paredes, mais ainda quando o único custo seria o de transporte (Anexo F).

Use materiais reciclados. Esta medida irá reduzir a geração de resíduos, resultando em uma diminuição do consumo de matérias-primas e uso do solo pelo uso de aterros sanitários.

Usar informações sobre a vida útil da construção para a seleção dos componentes para configurar a mesma. A vida útil estimada é um dos aspectos essenciais do design sustentável de edifícios. A durabilidade é influenciada por vários fatores, tais como as propriedades dos materiais, design, etc. Nesse sentido observamos construções do século XVII feitas com rocha vulcânica sillar, portanto verifica-se sua durabilidade.

Evitar o uso de pinturas contendo substâncias químicas contaminantes, uso de tintas que contêm minio crômico ou substâncias que aumentam o risco de metais pesados associados com eles (EUSKO, 2009).

Evitar o uso da cobertura metálica ondulada porque não se adequa às condições climáticas locais.

Reduzir o uso de cimentos, ou misturar com materiais recicláveis de construção, ou fibras vegetais.

Utilizar o aço em estruturas, evitando seu uso nos demais componentes construtivos pela elevada contaminação atmosférica em sua produção, ainda que seja reciclável.

Utilizar de preferência o sillar no envelope da edificação, considerando suas propriedades térmicas, acústicas, refletância solar, textura, permeabilidade, peso leve, resistência ao fogo a compressão favorável aos fenômenos sísmicos e fácil manipulação da forma.

Evitar o uso do sillar como revestimentos pois perde suas propriedades físicas.

O material da cobertura do último andar deve diminuir a radiação solar, através da massa térmica, isto favorecerá para manter a temperatura exterior (22°C) no interior do ambiente, podendo utilizar conforme visto a palha, sillar ou cobertas verdes.

Em materiais entre dois ou mais andares, temos como principal problema os ruídos por impactos, nesse sentido estudar as dimensões independentemente do tipo de material. Em caso de ruídos aéreos desde o exterior, considerar materiais reflexivos ou absorventes em função da origem da contaminação sonora. Neste caso o sillar mostra-se favorável por ser um material poroso que dissiparia o som.

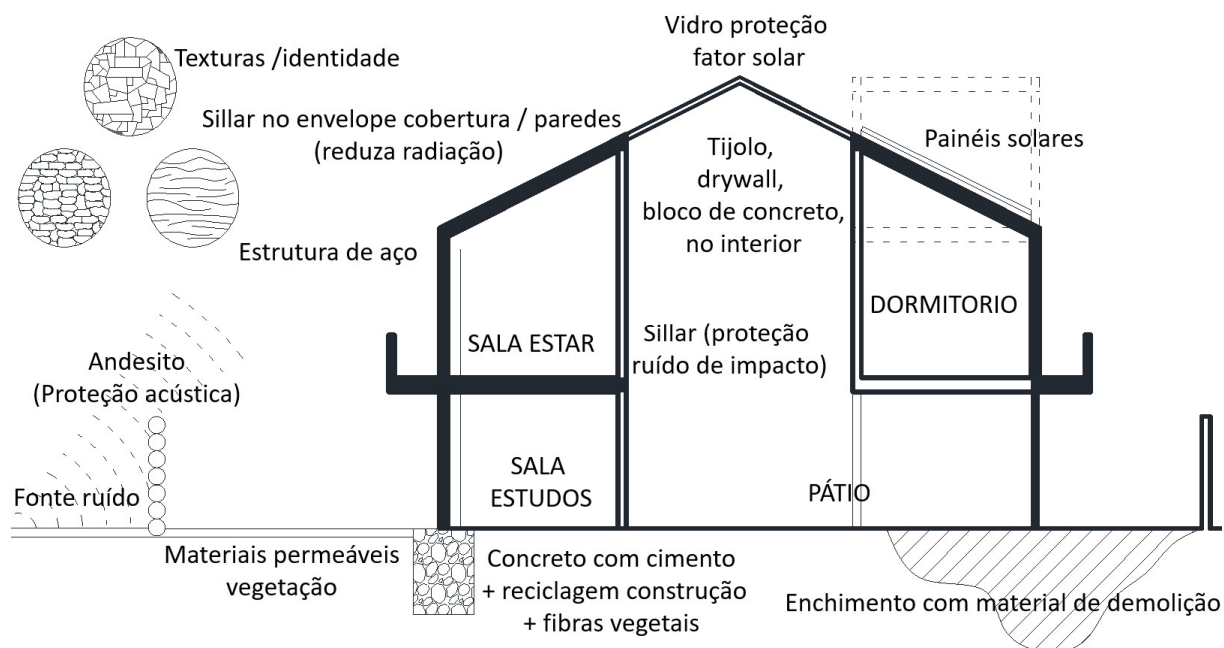


Figura 121: Materiais constituintes – fachadas, pisos e coberturas. Fonte elaboração do autor

4.3.3 Sistemas construtivos de vedações internas

Projetar as divisões interiores de modo que possam modificar os espaços e cambiar de uso. O tipo de paredes há serem instaladas devem ser escolhidos de acordo com critérios de tipo funcional. Com relação a esses elementos, pode distinguir entre aquelas paredes cuja localização será permanente e aqueles cuja localização pode ser temporária e aquelas que podem ser alteradas para permitir novas distribuições nos ambientes. Com base nesta distinção podem ser aplicadas na habitação diferentes tipos de paredes, como maciças de tijolo fixo e paredes removíveis e de fácil montagem (placas de gesso, por exemplo) em paredes cuja distribuição pode ser modificada no futuro.

Recomenda-se utilizar matérias leves e que garantam o conforto acústico dos cômodos, pode utilizar o sistema Drywall por exemplo.

4.3.4 Possibilidade de uso de mão-de-obra local

Empregar mão-de-obra local.

Verificar facilidade de execução, assimilação e aprendizagem daqueles que irão concretizar os serviços (Martins, 2010).

4.4 ESPACIALIDADE

4.4.1 Disposição de ambientes

A participação dos usuários na concepção do edifício permitirá adaptá-lo às suas necessidades, evitando assim fazer alterações nele que iria ter impacto na geração de resíduos adicionais e consumo de material. Oferecer a opção de fazer alterações nas casas para os diferentes usuários, a fim de adaptar as características às suas necessidades.

Deixar espaços para que o usuário possa apropriar-se através da autoconstrução, porque esta dará uma identidade, sem comprometer a funcionalidade do projeto.

Projetar ambientes flexíveis que se adaptem ao tempo, com fluidez espacial para evitar possíveis demolições.

Dispor os cômodos de serviço como por exemplo depósitos, frontal à direção dos ventos frios (nordeste), para proteger os demais cômodos da edificação.

Dispor os cômodos que precisem de ventilação como por exemplo cozinhas, banheiros, salas, etc., frontal aos ventos frescos do dia (oeste e sudoeste).

Há possibilidade da organização e fluidez espacial através do pátio. Destaca-se o fator climático na criação de microclimas, devido à proteção recíproca entre edificações, o fator cultural, onde se desenvolve diversos tipos de atividades cotidianas, possibilidade visual do entorno, além de facilitar a ventilação cruzada e iluminação natural.

Conceber o edifício, de modo que permita a incorporação de novas instalações no futuro. A aplicação desta medida vai diminuir processos de geração de resíduos de câmbio de uso, além de promover reutilização e flexibilidade.

4.4.2 Ambiência térmica

Recomenda-se dispor os ambientes utilizados para uso noturno (dormitórios) do lado oeste e norte, para manter o aquecimento das paredes, assim como descrito no caso da casa Moral.

Priorizar cômodos de uso diurno, voltados para os recursos de resfriamento evaporativo respeitando a direção dos ventos.

Incorpore ao design do edifício, espaços ensolarados, áreas com varandas e galerias de vidro para o armazenamento de calor, integre estas zonas às fachadas orientadas ao leste e sem sombra para armazenar a energia solar no começo do dia.

4.4.3 Ambiência acústica

Garanta o conforto acústico entre casas diferentes no mesmo edifício, protegendo principalmente dos ruídos por impacto. O uso de pisos flutuantes,

tapetes e materiais densos como o sillar, diminuem os ruídos de impactos entrepisos e coberturas acessíveis.

Deve-se ter em consideração, a separação das aberturas entre os cômodos, quanto mais distante entre eles, melhor.

A distribuição dos ambientes, onde a acústica não esteja comprometida como por exemplo, cozinhas, banheiros, escadas, hall, sala de jogos, etc. podem ter sua localização próxima às principais fontes de ruído, atuando como uma barreira dos ambientes que precisam de maior desempenho acústico.

Revestir os dutos das instalações (sala de bombas, descargas de banheiros) com materiais de absorção.

As barreiras acústicas para o isolamento acústico do ruído exterior podem ser obtidas através da forma do projeto e com materiais de reflexão e absorção.

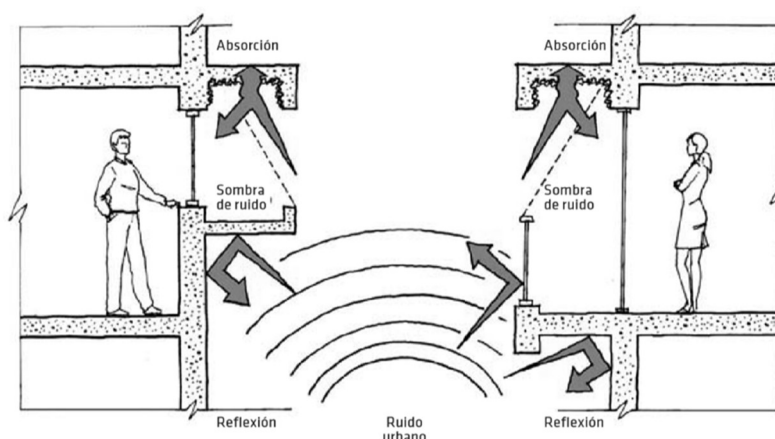


Figura 122: Isolamento acústico de ruído aéreo exterior. Fonte: Chile (2009)

É recomendável que a estrutura da escada esteja separada da estrutura da casa devido a transmissão do ruído (pressão sonora) pelo andamento das pessoas. O teto falso em ambientes embaixo dos banheiros e cozinhas irão proteger dos possíveis ruídos do uso da instalação sanitária.

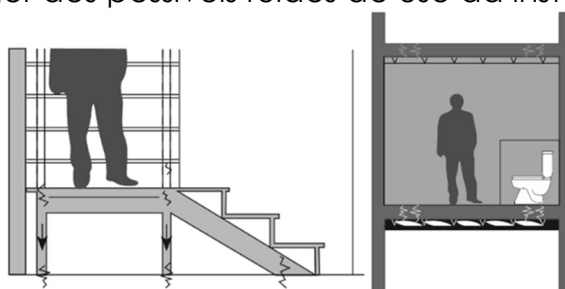


Figura 123: estrutura de escada separada da casa e teto falso respectivamente. Fonte: Chile (2009)

4.4.4 Ambiência lumínica

Otimizar o uso da luz natural através da distribuição adequada de luz no interior do edifício, a través de telas, persianas reflexivas, isolamento

transparente, etc. para melhorar a distribuição de luz natural no interior e reduzir a demanda de energia.

Espaços com maior altura irão possibilitar uma maior iluminação, em função da orientação e dimensão das aberturas, principalmente nas fachadas leste e oeste.

Evitar dutos de iluminação de pequenas dimensões que muitas vezes não satisfazem as necessidades de conforto do usuário.

Orientar os cômodos que precisem de maior iluminação natural na fachada norte, nordeste e noroeste, como cozinhas, sala de estudo, sala de estar, etc.

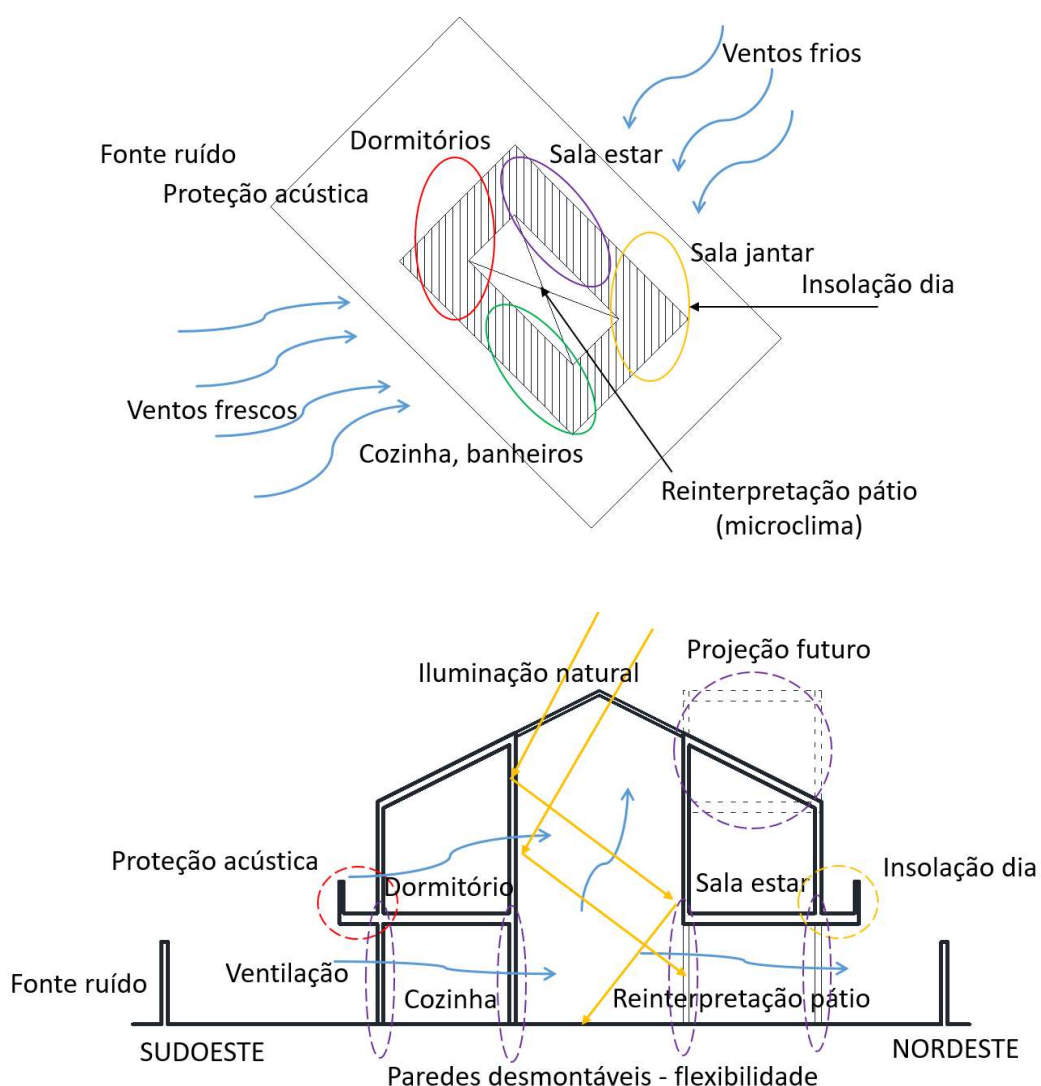


Figura 124: Esquemas de disposição de ambientes. Fonte: elaboração do autor

SÍNTESE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

A presente dissertação foi desenvolvida devida a motivação e intento de resgatar algumas práticas de sustentabilidade ambiental da arquitetura vernácula em Arequipa para uma possível aplicação a projetos contemporâneos de arquitetura. Para tanto, foi realizada uma abordagem geral dos conceitos de sustentabilidade e de arquitetura vernácula, orientada pela proposição sistematizada de análise devida a Heidi Day (2013), com o estabelecimento do vernacular em três épocas. Em cada uma destas, foi selecionado uma habitação representativa e submetida à uma análise em termos bioclimáticos para verificar a sua adequabilidade climática. Finalmente através dos resultados dos estudos tornou-se possível fazer algumas recomendações para habitação social da região visando ao desenvolvimento sustentável, empregando os parâmetros de análise propostos por GPAS/PROARQ. A partir das discussões realizadas ao longo de todo o trabalho, pode-se concluir que:

Ao estabelecido triplé da sustentabilidade: ambiental, econômico, e social, a arquitetura vernácula contribui para a ampliação destas vertentes em termos culturais, o que se expressa na identidade do lugar (figura 125). Resultados que se identificam com a classificação de ecocêntrica, eco-cultural, e eco-social dada por Guy, et al. (2011), como sendo edificações flexíveis e participativas, atestam o conceito do lugar, e comprovam uma redução da pegada ecológica.

Os princípios da arquitetura vernácula são consonantes com os critérios relacionados para a habitação social em termos de viabilidade da construção, adequada localização, materiais e sistemas construtivos com qualidade ambiental, flexibilidade, e conforto ambiental do edifício.

A arquitetura vernácula também contribui ao binômio: necessidade do usuário – oferta de qualidade, utilizando conceitos bioclimáticos e tecnologias disponíveis, indicadores que são consoantes com a eficiência energética. Os materiais utilizados na arquitetura vernácula também contribuem ao desenvolvimento ambiental, econômico e sociocultural da região.

Portanto podemos definir o conceito de Arquitetura vernácula como aquelas construções que contribuem e vêm reforçar a vertente sociocultural com as seguintes características: implantação amigável com seu entorno; adequada localização e redução do impacto ambiental; espacialidade contribuindo ao conforto ambiental e flexibilidade; materialidade através de materiais e sistemas construtivos com qualidade ambiental, tecnologias disponíveis e viabilidade; morfologia, com conceitos do lugar e identidade regional.

Por outro lado foi importante definir os períodos vernáculos em tempos históricos diferentes, o que permitiu comparar e identificar alguns princípios perdidos da arquitetura vernácula da época Pré-hispânica e Colonial em relação à República.

A arquitetura vernacular em Arequipa na **época pré-hispânica e colonial**, em termos gerais mostrou-se em consonância com a sustentabilidade ambiental, através de: relação do lugar e ambiente, ditado por sua ótima orientação, respeito ao seu entorno e máximo aproveitamento dos recursos disponíveis da sua época; riqueza cultural expressado no modo de construir; funcionalidade espacial; matérias locais e sistema construtivo adequados ao lugar. No **período republicano** observou-se uma involução de alguns princípios, como a não observância de uma adequada orientação para as edificações, utilização de materiais não autóctones e poluentes, etc. Mas observa-se que há nas autoconstruções um uso tentativo de reinterpretação de alguns elementos arquitetônicos vernaculares.

Através do estudo realizado verificou-se que a implantação e a orientação das casas Churajón e Moral, revelaram-se adequadas para o aproveitamento dos recursos naturais: proteção contra os ventos frios noturnos, e durante o dia o aquecimento da casa pela radiação solar, para o conforto térmico no ambiente interior. No entanto, na casa chicha há uma involução e valores arquitetônicos são perdidos, correspondentes à sua adequabilidade climática.

Assim, através do análise da arquitetura vernacula tornou-se possível estabelecer algumas recomendações para a habitação de interesse social, visando o desenvolvimento sustentável dos novos projetos. O que se tornou possível pela adoção de uma adequada abordagem metodológica.

A análise considerando a implantação, materialidade, elementos culturais, morfologia e “economia do método”, mostrou-se apropriada para identificar os componentes construtivos em relação às questões econômicas, ambientais e socioculturais, com o qual foi possível propor algumas recomendações gerais para o desenvolvimento sustentável.

A análise dos critérios bioclimáticos nas três tipologias de períodos históricos distintos, permitiu conhecer com profundidade parâmetros de design arquitetônico, com o qual foi possível propor algumas recomendações específicas para o projeto de habitação orientado para uma adequabilidade climática.

De acordo com as análises descritas torna-se possível definir uma matriz relacional, considerando os parâmetros de análise da arquitetura vernacula e os parâmetros que visam à integração dos princípios de sustentabilidade ambiental aos projetos arquitetônicos (Anexo G).

➤ Perspectivas para futuros trabalhos

Considerar a metodologia expressa no anexo H: revisão da literatura; análise da arquitetura vernacula; fixação de diretrizes, para o desenvolvimento sustentável de novos projetos arquitetônicos, principalmente nas cidades peruanas, onde há um potencial de reinterpretação do vernacular com múltiplas tipologias da época pré-hispânica e colonial.

Na releitura do vernacular é importante considerar na análise o atual desenvolvimento das tipologias, considerado como “vernáculo moderno” como indicado nesta dissertação.

Em uma análise bioclimática, além de cálculos matemáticos, deve-se implementar o uso de softwares para facilitar e aprofundar o comportamento dos parâmetros a analisar.

Analisar os parâmetros urbanísticos da norma Peruana de acordo aos conceitos bioclimáticos, porque aparentemente, não há uma relação com a adequação climática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRE, U A. *Características físicas de las canteras de sillar. Desarrollo inclusivo de la ruta del sillar*. Arequipa: ONG CIED, 2015.
- ALAYO, B. L. *CRONOLOGIA HISTORICA DE LOS TERREMOTO MÁS DESTRUCTIVOS EN EL PERU 1533- 200*. Lima: Centro de Capacitación y Prevención para el Manejo de Emergencias y Medio Ambiente S.O.S Vidas Perú, 2007.
- ALMODÓVAR, J. *La ciudad hispanoamericana desde la composición y el medio ambiente. El caso particular de Arequipa*. Arequipa: Junta de Andalucía. Programa de cooperación internacional. Universidad de Sevilla. Universidad Nacional de San Agustín, 2006.
- ALMODÓVAR, J., P. LA ROCHE, R. JIMÉNEZ, e I. DOMÍNGUEZ. *Learning from the Past. Environmental aspects of the traditional architecture of Arequipa, Peru*. Lima: PLEA2012 - 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture, 2012.
- ALTOZANO. 2016. www.altozano.com.pe (acesso em 15 de fevereiro de 2016).
- ÁLVAREZ, PAUL. *La Arquitectura y la distribución espacial del poblado Prehispánico de Parasca (Polobaya) Arequipa*. Arequipa: Universidad católica de Santa María, 2000.
- ASPILCUETA, JULIO. *Evolución Urbana de Arequipa Metropolitana: La construcción de la vulnerabilidad y configuración del riesgo de desastre*. Arequipa: Instituto para el Desarrollo Sostenible Urbano Ambiental, 2013.
- ASQUITH, L., e M. VILLENGA. *Vernacular Architecture in the Twenty-First Century. Theory, education and practice* . London: Taylor and Francis, 2006.
- BARROSO-KRAUSE, BASTOS, SANTOS, NIEMEYER, SALGADO, ZAMBRANO. *Princípios de Alta Qualidade Ambiental Aplicados ao processo de seleção de projetos de Arquitetura: O Laboratório Nutre*. Vols. Volume 7, Número 1 . São Carlos : Gestão e Tecnologia de Projetos , 2012.
- BASTOS, L. E. G., C. BARROSO-KRAUSE, e L. BECK. *Potential of natural ventilation in a tropical climate*. France: Proceedings EPIC – AIVC, 2006.
- BASTOS, L.E.G. *Notas de aulas da disciplina de ventilação natural e qualidade do ar*. rio de janeiro: PROARQ-FAU/UFRJ, 2015.
- BENAVENTE, N. *La arquitectura de la vivienda colonial de Arequipa*. Vol. I, em *Arequipa patrimonio cultural de la humanidad*. Peru: Ministerio de cultura. p126-144, 2015.

- BENAVENTE, V. N. *La arquitectura de la vivienda colonial de Arequipa*. Vols. p126-146. Arequipa: Arequipa patrimonio cultural de la Humanidad, 2015.
- BERARDI, U. "Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building." *Sustainable Cities and Society* (8). ELSEIVER, 2013: 72–78.
- BERMEJO, V. *Historia sintética de Arequipa*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 1949.
- BERNEDO, M L. "La cultura Puquina." *Perú: Ministerio de Educación*, 1949: 35-49.
- BONNEAUD, F. *Ventilation naturelle de l'habitat dans les villes tropicales*. Nantes: Thèse de doctorat. Ecole polytechnique de l'Université de Nantes, 2004.
- BRANDÃO, H. *Seminário Arquitetura e sustentabilidade com foco na Iluminação*. Disciplina de Sustentabilidade em Arquitetura. PROARQ, Rio de Janeiro: Universidade Federal Rio de Janeiro, 2015.
- BRASIL. *Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013*. Fortaleza: Gadioli Cipolla: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2013.
- . *Eficiência energética em habitações de interesse social*. Vol. 9. Brasília: PROCEL, Eletrobrás, Ministério de Minas e Energia, Ministério das Cidades ., 2005.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Sustentabilidade urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas conseqüências sobre o processo de urbanização em países emergentes*. Brasília: textos para as discussões da Rio+20: volume 3, habitação social e sustentabilidade / Tarcisio Nunes..., [et al], 2015.
- BURGA, J. *Arquitectura vernácula Peruana, un análisis tipológico*. Lima: Colegio de arquitectos del Perú, 2010.
- BUSTAMANTE, R. "Similarities and Differences in Barrel Vaults of Traditional and Statelty Houses in the Historic Centre of Arequipa, Perú." 461-471. London: The Second International Congress on Construction History, Vol. I, 2006. Queen'sCollegue, Cambridge University, 2006.
- BUSTINZA, M. J. *El Puquina y lo Puquina de Guillermo Galdós rodríguez*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. pp.193-195, 2003.
- CALVANTE, G. *Dissertação de mestrado: Materiais construtivos, sustentabilidade e complexidade – análise da relação entre especificação de materiais construtivos e desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Universidade de São Paulo - PROCAM, 2011.
- CAPECO. *Contrucción e industria*. Vol. nro 318. Peru: revista de la camara peruana de construcción, 2015.

- CARDONA, R. A. *Caminos prehispánicos en Arequipa*. Arequipa: Arequipa patrimonio cultural de la humanidad, p 49-64, 2015.
- CASTRO, S., et al. *Integración familiar y variables socioeconómicas en Arequipa metropolitana*. Vols. Volumen 4, p35-6. Arequipa: Universidad Católica San Pablo y Universidad Inca Garcilaso de la Vega, 2013.
- CHAMFREAU, M. "La vivienda de los pueblos jóvenes de Arequipa y Trujillo." 37-64. Lima: Bull instituto Francés. IFEA, 1988.
- CHILE. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. MINVU. CNE. *Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social*. Chile: Tecnología de la construcción. Bustamante G..., [et al] Pontificia universidad Católica de Chile, 2009.
- DAY, H. *The vernacular as a model for design: Design studies for the contemporary welsh house*. Gales: The Welsh School of Architecture, Cardiff University, 2013.
- DELL, UPTON. *The Power of Things: Recent Studies in American Vernacular Architecture*. Vols. Vol. 35, No. 3. American Quarterly, pp. 262-279, 1983.
- DIAZ, e RAMIREZ. *Estudio geológico económico de rocas y minerales industriales de Arequipa y alrededores*. Vols. Boletinnro 22, série B. Geologia econômica. Lima: Ministerio de energia e minas – INGEMMET, 2010.
- DREIFUSS, S. *La estética (del huachafo) en la arquitectura limeña contemporánea*. Roma: Università degli Studi di Roma, La Sapienza, 2011.
- ELEMENTAL. *ABC de la vivienda incremental*. Chile: BeSocialStudio, 2016.
- EUSKO, J. A. Z. N. *Guía de edificación sostenible para la vivienda en la comunidad autónoma del país Vasco*. Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco: Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transportes, 2009.
- FONTENELLE, M., e L. BASTOS. *The multicriteria approach in the architecture conception: Defining windows for an office building in Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Building and Environment. ScienceDirect, 2014.
- GALDÓS, R. *Comunidades prehispánicas de Arequipa de Guillermo*. Arequipa: Fundación Manuel J. Bustamante de la Fuente, iluso. pp.157-159., 1987.
- Galfetti, G. G. *Pisos piloto: células domésticas experimentales*. Barcelona: Gustavo Gili, 1997.
- GUY, SIMON., e GRAHAM. FARMER. *Reinterpreting sustainable design: the place of technology*. Vols. p 140-148. . Journalofarchitectureeducation, ACSA inc, 2011.
- HEAL, A., C. PARADISE, e W. FORSTER. *The Vernacular as a Model for Sustainable Design* . Welsh School of Architecture, Cardiff University,

- Cardiff, Wales: PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006 , 2006.
- IEC. *Informe económico de la construcción*. Vol. Número 5. Camara Peruana de Construcción, CAPECO. Arbulú R. et al, 2015.
- IMPLA. *Memoria Del PDM Arequipa. Plan De Desarrollo Metropolitano De Arequipa 2016 - 2025. Región Y Provincia De Arequipa*. Arequipa: Instituto municipal de planeamiento, 2016.
- INFOCAP. *Actualidad en Arquitectura y Urbanismo*. Vol. N 1. Arequipa: Colegio de Arquitectos del Perú, regional Arequipa, 2015.
- JIMÈNEZ, M. A. *Análise bioclimática de uma habitação vernácula Guarani*. Rio de Janeiro: Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.
- LAMBERTS, R, L DUTRA, e F PEREIRA. *Eficiência energética na Arquitetura*. Vol. 3ra edição . Brasil: PROCEL, Eletrbrás, Minitérios de Minas e Energia, , 2012.
- LARA G. J.C. *Proyecto de Investigación en Albañilería "Ensayos de Albañilería en Sillar"*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Ciencias e Ingeniería, 1988.
- LIMA, V., e M. C. C. T. AMORIM. *A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades*. Revista Formação, n.13, p. 139 -165, 2006.
- LINARES, E. *Selección de especies adecuadas para forestar y reforestar la ciudad arequipa*. Arequipa: Gerencia del Centro Histórico y Zona Monumental Municipalidad Provincial de Arequipa, 2008.
- LLANQUE, J. *Efectos de la Contaminación Atmosférica en el clima Urbano y Calidad Ambiental de Arequipa*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin, 2003.
- LONDE, P., e P MENDES. *A INFLUÊNCIA DAS ÁREAS VERDES NA QUALIDADE DE VIDA URBANA*. Vols. Hygeia 10 (18): 264 - 272. São Paulo: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde , 2014.
- LÓPEZ, H. M., e A. W. YÉPEZ. *Construyendo terrazas, viviendo en aldas: Tiwanaku, Churajón e Incas en el Chili* . Arequipa: Arequipa patrimonio cultural de la humanidad, p 17-34, 2015.
- LÓPEZ, O, V RÍOS, e C MARTÍN. "Architectures in transformation in Perú: Tradition and modernity." Em *vernacular Architecture: Towards a sustainable future*, por Vegas, Soriano, Cristini Mileto, 443- 448. London: Taylor & Francis group, 2015.
- MAMANI, M. A. V., L. E. G. BASTOS, e M. M. SILVOSO. *Sustentabilidade ambiental da arquitetura vernácula em Arequipa - Peru*. Vols. ANTAC, 2016. v. 2. p. 2362-2376., em . In: *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: desafios e perspectivas da internacionalização*

- da construção (ENTAC). São Paulo: Anais do XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente construído, 2016.
- Martins, L. A. T. *O REFERENCIAL HQE® E O PROJETO DE ARQUITETURA: Diretrizes para sustentabilidade ambiental no contexto do semi-árido alagoano. Reflexões sobre a cidade de Pão de Açúcar. Dissertação de Mestrado em Arquitetura.* . Riode Janeiro: Universidade Federal Rio de Janeiro, 2010.
- MEIER, A. I., e C. S. ROAF. *The future od the vernacular: towards new methodologies for the understanding and optimization of the performance of vernacular buildings.* London: Taylor and francis, in *Vernacular Architecture in the Twenty-First Century: Theory Education and Practice* ed. by L. Asquith and M. Vellinga, 2006.
- MIVIVIENDA. *Reporte vivienda social 2011 - 2016.* Perú: Dumler Et. Al. , 2016.
- OQUICHE, A. *El proceso Estratégico de los Poblados Fortificados Collagua y Churajón en el distrito de Achoma y los Valles de Yura y del Chili.* Arequipa: Universidad Católica Santa Maria, 1993.
- PALOMINO, W. *História de la Arquitectura.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2012.
- PASTOR, P. *Historia de la Arquitectura 6.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2014.
- PERU. *Declaran patrimonio cultural de la nación a los conocimientos, saberes y técnicas artesanales de extraccion y labrado del sillar de Arequipa.* Lima: RESOLUCION VICEMINISTERIAL. Nº 073-2014-VMPCIC-MC, 2014.
- PEZO, D. *Arquitectura chicha: lo cholo en la arquitectura.* Vols. Año 7, Nº6/7, vol. 6: 1-6. *Revista Electrónica Construyendo Nuestra Interculturalidad*, 2011.
- QUIROZ, P. "La Identidad Cultural Arequipena como camino de la identidad nacional peruana." (Persona y cultura. *Revista de la Universidad Catolica San Pablo*), nº 4 (2005).
- RADLLITE. *Software desenvolvido por: Castro E. Dissertação de Mestrado em Arquitetura.* Rio de Janeiro: Universidade Federal de Rio de Janeiro, 1996.
- RAMIREZ, C. EQUIPO AQPLAN21. *Plan director de Arequipa Metropolitana 2002-2015.* Arequipa: Municipalidad Provincial de Arequipa, 2002.
- RAMOS, C. A., e C. J. BOURONCLE. *Culto y conversación con los Apus tutelares.* Arequipa: Arequipa patrimonio historico de la Humanidad, p77-92, 2015.
- RAPOPORT, A. "Defining vernacular design." Em *Vernacular Architecture: paradigms of environment response*, por Mete Turan, 67-100. USA: Department of Architecture Carnegie Mellon University, 1990.

- RÍOS, V. *Manual para la valoración y conservación del patrimonio Arquitectónico de Arequipa*. Arequipa: Asociación de defensa e protección del Centro Histórico de Arequipa. Centro de investigación e proyectos de la facultad de Ingenierías Civil y del Ambiente, Universidad Católica Santa María , 2000.
- RIOZ, V. G. *El orden críptico de las formaciones urbano-arquitectónicas de crecimiento lento. Una aproximación al monasterio de Santa Catalina de Sena de Arequipa desde la complejidad*. Sevilla: Doctorado em: Universidad Pablo Olavide, 2014.
- SCHOSSLER, S. I., R. E. SANTANA, e R. SPINELLI. *Avaliação de qualidade do ar interior em relação às características de ventilação das edificações*. Revista destaques académicos, vol 7 N4 - CETEC/UNIVATES, 2015.
- SEGHEZZO, L. "The five dimensions of sustainability. Environmental Politics, 18:4, 539-556." 2009. <http://dx.doi.org/10.1080/09644010903063669> (acesso em 02 de Abril de 2014).
- Tamayo, F.E., Carbajal C. L., e S. Z. Linares. *El sillar como alternativa de construcción*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa: ININVI, 1989.
- TAMER, A, e M INDJY. *New strategy of upgrading slum areas in developing countries using vernacular trends to achieve a sustainable housing development*. Cairo: Architecture Department, Cairo University, 2011.
- TOKESHI, J. "Arquitectura híbrida. El paisaje de la ciudad popular." *Revista Electrónica Construyendo Nuestra Interculturalidad*, Año 5, Nº5, Vol. 4 (Revista Electrónica Construyendo Nuestra Interculturalidad, Año 5, Nº5, Vol. 4), 2009: 1-14.
- Trujillo, V. C. C. . *Impacto ambiental en el geosistema de las canteras de sillar de Añashuayco – Arequipa*. . Pontificia universidad Catolica del Peru. Vols. Espacio y desarrollo Nº 19. Pp 207 – 216. Lima: Pontificia universidad Catolica del Peru, 2007.
- TURNER, J. *Housing by people. Towards autonomy in building environments*. New York: Pantheon books., 1977.
- VILLENA, M. "Vernacular architecture and sustainability: Two or three lessons." Em *Vernacular Architecture: Towards a sustainable future*, por Vegas, Soriano & Cristini Mileto, 3-8. London: Taylor & Francis group, 2015.
- ZAMBRANO, Leticia. *Integração dos Princípios de Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura*. Rio de janeiro: Tese de doutorado, PROARQ, FAU/UFRJ, 2008.

GLOSSÁRIO

Arequipa: é uma cidade do Peru, capital do departamento Arequipa e da província de Arequipa. Localiza-se no sul do país, a 2300 metros de altitude, estendendo-se numa área de oásis localizada num vale das montanhas desérticas da cordilheira dos Andes, e rodeada por vários picos, entre os quais o vulcão Misti, com cerca de 5822 metros de altitude. Em 2000, o Centro Histórico da Cidade de Arequipa foi inscrito na lista de cidades Patrimônio Mundial, devido à arquitetura ornamentada, sendo grande parte dos edifícios construídos numa espécie de rocha vulcânica de cor branca, designada de "sillar".

Andenes/ andeneria: são plataformas escalonadas ou conjuntos de terraços construídos nas encostas das montanhas andinas e preenchido com terra para o cultivo. A maioria das plataformas existentes remontam a tempos pré-colombianos.

Andesito: é um tipo de rocha magmática cujo nome deriva de Andes, montanhas onde é muito comum. É uma rocha ígnea vulcânica de composição intermediária, calcialcalina, de cor cinzenta a cinzenta escura ou mesmo negra, com textura afanítica a porfirítica.

Buena vista: antigo centro arqueológico da época pré-hispânica, denominado com este nome pelos visuais, há a campina e áreas agrícolas, traduzido ao português como "boa vista".

Campina de Arequipa: denominação dada a toda a área verde de Arequipa, principalmente a área desenvolvida pelos povos pré-hispânicos através da agricultura e atualmente está bem conservada, é muito valorizada devido à escassez de vegetação por estar localizada numa área desértica.

Cayma: distrito tradicional de Arequipa, onde existem edificações feitas em rocha vulcânica que datam da época colonial. Na época pré-hispânica povoado por comunidades indígenas trazidas pelos Incas. O nome provém da língua local Quechua "Caiman" que significa fiquemos aqui.

Characato: distrito mais tradicional de Arequipa, dominado pelos Churajones, Incas e Espanhóis. Quase todo seu território é coberto pelas áreas agrícolas. Provém da palavra quéchua "saraqato" que significa venda de milho. O cidadão que nasceu em Arequipa é conhecido como "Characato" pelas demais comunidades.

Chicha: bebida cerimonial dos Incas feita com milho roxo e com o passar do tempo a bebida se tornou acessível para o povo pré-hispânico. Atualmente se denomina Chicha a vários setores, música chicha, pintura chicha, Arquitetura chicha, etc. onde os povos andinos rurais, no processo de adaptação à cidade misturam estilos nativos com outros estilos populares.

Chili: denomina-se Chili o rio que atravessa a cidade de Arequipa que provém dos andes, e foi a principal causa de implantação das comunidades pré-hispânicas. Atualmente encontra-se contaminado pelos resíduos de esgoto.

Chumbivilcas: é uma província localizada na região de Cuzco no Peru. Na época Inca foram levados à cidade de Arequipa.

Churajón: Cultura que dominou o território de Arequipa, tem suas origens nos povos andinos que moravam ao redor da lagoa Titicaca.

Collaguas: o império da cultura Huari na serra de Arequipa foi dividido em dois, os *collaguas* e os *cabanas*. Comunidade indígena da serra de Arequipa.

Corralones: é um centro arqueológico na cidade de Arequipa, da época pré-hispânica, atualmente pode se observar algumas ruínas das construções.

Copoatas: era uma comunidade local do povoado de Sabandia, denominado *Llactarunas* que significa "originário do lugar".

Huari: também denominada Wari, foi uma civilização andina, implantada no centro do Andes desde o século VII até o XIII.

Hunter: é um distrito de Arequipa, foi um lugar de implantação das principais culturas pré-hispânicas.

Ichu: é uma planta abundante na região andina, conhecida localmente também como palha, pois era utilizada como material construtivo das coberturas das edificações. Tem uma altura de 60 a 180 cm.

Inca: foi um estado resultado de uma sucessão de civilizações andinas e que se tornou o maior império da América pré-colombiana, a capital era Cuzco no atual Peru.

Intihuatana: é considerada uma construção religiosa do império Inca, é uma escultura em pedra, os quatro lados da pedra indicam as principais direções geográficas (norte, sul, leste, oeste). É uma palavra Quechua que significa "o lugar onde se amarra o sol", acredita-se que servia como calendário astronômico.

Kasapatac: é uma montanha do distrito de Hunter, onde as culturas pré-hispânicas construíram suas casas em pedra.

Mollebaya: é um distrito de Arequipa, provém da palavra quéchua Molle-Balla que significa abundância de árvores de Molle. Neste lugar, na época pré-hispânica existia uma comunidade denominada Pócsi, que desenvolveu importantes áreas agrícolas.

Paucarpata: distrito de Arequipa, provém da palavra quéchua que significa "caminho colorido", neste lugar foi desenvolvido grandes andenes.

Pichu Pichu: é um vulcão da cidade de Arequipa, em sua plataforma conserva-se um centro cerimonial onde os Incas faziam oferendas. Tem uma altitude de 5664 metros.

Pillo: é um centro arqueológico de Arequipa, pode-se observar ruínas de casas em pedra e algumas ruas orgânicas. Desenvolvido inicialmente pela cultura Churajón.

Proto-hispânico: denomina-se assim a transição da época hispânica ao colonial.

Puquina: é uma língua pré-hispânica, disse-se que era a língua secreta dos Incas. Também é um distrito da cidade de Arequipa. É a cultura mais antiga em Arequipa, encontra-se tipologias de casas no distrito de Pochi - Mollebaya.

Misti: é um vulcão de Arequipa, encontra-se ativo e é considerado um símbolo da cidade, foi encontrado vários esqueletos em seu cume e presume-se que foram sacrifícios humanos dos Incas. Tem uma altura de 5822 metros sobre o nível do mar.

Sabandia: distrito tradicional de Arequipa, quase todo o seu território pertence à campina, com grandes áreas agrícolas desenvolvidas na época pré-hispânica. Destaca-se uma construção em pedra vulcânica sillar, o moinho de Sabandia, da época colonial.

Sachaca: distrito tradicional de Arequipa com grandes áreas agrícolas.

Sillar: rocha vulcânica com a qual se construíram todas as edificações da época colonial.

Socabaya: distrito tradicional de Arequipa com grandes áreas agrícolas. Também é um rio da cidade.

Sonqonata: centro arqueológico do distrito de Mollebaya em Arequipa.

Tiahuanaco: é um importante sítio arqueológico pré-colombiano situado próximo à margem sudeste do lago Titicaca, no município de Tiahuanaco, na Bolívia. Estudiosos das culturas andinas classificam esta civilização como os mais importantes precursores do império Inca.

Uchumayo: distrito tradicional de Arequipa com grandes áreas agrícolas

Yanahuaras: era uma comunidade da cidade de Apurímac, foram trazidos à Arequipa pelos Incas. Atualmente é um distrito tradicional de Arequipa.

Yarabayas: era uma comunidade local que morava no atual centro histórico de Arequipa, denominada Ilactarunas que significa "originário do lugar"

Yumina: é um distrito de Arequipa, conhecido por suas enormes andenerias da época pré-hispânica, é um lugar cheio de mananciais.

ANEXO A

1 Cálculo de extrapolação de dados eólicos para nível das edificações

$U(Z2)/U(Z1) = \ln(Z2/Z0)/\ln(Z1/Z0)$ Equação de BASTOS et al, 2006

$$U(1,5) = (\ln(1,5/0,28) / \ln(80 / 0,28))^{2,5}$$

$$U(1,5) = 0,74$$

$$U(6) = (\ln(6/0,28) / \ln(80 / 0,28))^{2,5}$$

$$U(6) = 1,35$$

$$U(10) = (\ln(10/0,28) / \ln(80 / 0,28))^{2,5}$$

$$U(10) = 1,58$$

2 Cálculo de ventilação média (Vi) no interior das tipologias vernáculas

$Vi = 0,45 (1-\exp(-348x))U$ Equação de Givoni

CASA CHURAJÓN

$$Vi = 0,45 (1-\exp(-348(0,05)))0,74$$

$$Vi = 0,053 \text{ m/s}$$

Casa Moral

$$Vi = 0,45 (1-\exp(-348(0,2)))0,74$$

$$Vi = 0,167 \text{ m/s}$$

Casa Chicha

$$Vi = 0,45 (1-\exp(-348(0,4)))0,74$$

$$Vi = 0,250 \text{ m/s}$$

ANEXO B

1 Cálculo de transmitância térmica

$$U_{\text{elementos}} = 1 / ((e_1/k_1) + (e_2/k_2) + (e_3/k_3) + \dots + R_{si} + R_{se})$$

$$U_{\text{parede Churajón}} = 1 / ((0,3/3,5) + (0,1/0,52) + 0,06 + 0,11) = \mathbf{2,232}$$

$$U_{\text{cobertura Churajón}} = 1 / ((0,1/0,09) + 0,06 + 0,11) = \mathbf{0,78}$$

$$U_{\text{parede Moral}} = 1 / ((0,6/0,55) + (0,1/0,85) + (0,1/2) + (0,1/3,5) + 0,06 + 0,11) = \mathbf{0,686}$$

$$U_{\text{vãos Moral}} = \mathbf{2,2} \dots (\text{normatividade})$$

$$U_{\text{cobertura Moral}} = 1 / ((0,6/0,55) + 0,06 + 0,11) = \mathbf{0,793}$$

$$U_{\text{parede Chicha}} = 1 / ((0,10/0,84) + (0,05/1,4) + 0,06 + 0,11) = \mathbf{3,08}$$

$$U_{\text{janelas Chicha}} = \mathbf{5,7} \dots (\text{normatividade})$$

$$U_{\text{portas Chicha}} = \mathbf{2,2} \dots (\text{normatividade})$$

$$U_{\text{cobertura Chicha}} = 1 / ((0,15/0,84) + (0,10/1,4) + 0,06 + 0,11) = \mathbf{2,38}$$

$$U_{\text{final}} = \sum S_i \times U_i / \sum S_i = (S_1.U_1 + S_2.U_2 + S_3.U_3 + \dots) / (S_1 + S_2 + S_3 + \dots)$$

$$U_{\text{final parede Churajón}} = (55 \times 2,232) / 55 = \mathbf{2,232}$$

$$U_{\text{final cobertura Churajón}} = (45 \times 0,78) / 45 = \mathbf{0,78}$$

$$U_{\text{final parede Moral}} = ((70 \times 0,686) + (20 \times 2,2)) / 70 + 2,2 = \mathbf{1,274}$$

$$U_{\text{final cobertura Moral}} = (75 \times 0,793) / 75 = \mathbf{0,793}$$

$$U_{\text{final parede Chicha}} = ((35 \times 3,08) + (10 \times 5,7) + (5 \times 2,2)) / (35 + 10 + 5) = \mathbf{3,516}$$

$$U_{\text{final cobertura Chicha}} = (50 \times 2,38) / 50 = \mathbf{2,38}$$

2 Temperatura sol-ar para uma dada superfície

$$T_{\text{sol-ar}} = T_e + (\alpha \cdot I / (h_r + h_c))$$

$$T_{\text{sol-ar parede Churajón}} = 22 + (0,45 \times 600 / (20+5)) = 32,8$$

$$T_{\text{sol-ar cobertura Churajón}} = 22 + (0,28 \times 1100 / (20+5)) = 34,3$$

$$T_{\text{sol-ar parede Moral}} = 22 + (0,20 \times 600 / (20+5)) = 26,8$$

$$T_{\text{sol-ar cobertura Moral}} = 22 + (0,20 \times 1100 / (20+5)) = 30,0$$

$$T_{\text{sol-ar parede Chicha}} = 22 + (0,20 \times 600 / (20+5)) = 26,8$$

$$T_{\text{sol-ar cobertura Chicha}} = 22 + (0,35 \times 1100 / (20+5)) = 37,4$$

3 Número de renovações do ar do aposento 1/(hr)

$$N = Q / V = m' / (\rho V)$$

$$m' = \rho V \cdot N$$

$$m' = 1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)} V(\text{m}^3) N \text{ (1/hr)} \cdot (\text{hr}/3600\text{s})$$

Churajón

$$N = 5 ; m' = 1,2 \times 150 \times 5 / 3600 = 0,25 \text{ kg/s}$$

$$N = 10 ; m' = 1,2 \times 150 \times 10 / 3600 = 0,50 \text{ kg/s}$$

$$N = 15 ; m' = 1,2 \times 150 \times 15 / 3600 = 0,75 \text{ kg/s}$$

Moral

$$N = 5 ; m' = 1,2 \times 200 \times 5 / 3600 = 0,332 \text{ kg/s}$$

$$N = 10 ; m' = 1,2 \times 200 \times 10 / 3600 = 0,667 \text{ kg/s}$$

$$N = 15 ; m' = 1,2 \times 200 \times 15 / 3600 = 1,000 \text{ kg/s}$$

Chicha

$$N = 5 ; m' = 1,2 \times 125 \times 5 / 3600 = 0,207 \text{ kg/s}$$

$$N = 10 ; m' = 1,2 \times 125 \times 10 / 3600 = 0,416 \text{ kg/s}$$

$$N = 15 ; m' = 1,2 \times 125 \times 15 / 3600 = 0,624 \text{ kg/s}$$

4 Cálculo de temperatura de saída:

$$T_s = \{ \sum [U_i \cdot L_i \cdot T_{(sol-ar)i}] + q'' \} / \sum (U_i \cdot L_i) \cdot \{ 1 - \exp[- \sum U_i A_i / (m \cdot C_p)] + T_e \exp[- \sum U_i A_i / (m \cdot C_p)] \}$$

Casa Churajón:

$$N = 5$$

$$T_s = \{ [2 \times 2,23 \times 2 \times 32,8 + 0,78 \times 10 \times 34,3] + 70 \} / [2(2,23 \times 2) + 0,78 \times 10] \cdot \{ 1 - \exp[-(2,23 \times 20 \times 2 + 0,78 \times 60) / (0,25 \times 1000)] \} + 22 \exp[-(2,23 \times 20 \times 2 + 0,78 \times 60) / (0,25 \times 1000)] \}$$

$$= (630,12 / 16,72) \times (1 - 0,58) + 22 \times 0,58 = \mathbf{28,6 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$N = 10$$

$$T_s = \{ [2 \times 2,23 \times 2 \times 32,8 + 0,78 \times 10 \times 34,3] + 70 \} / [2(2,23 \times 2) + 0,78 \times 10] \cdot \{ 1 - \exp[-(2,23 \times 20 \times 2 + 0,78 \times 60) / (0,50 \times 1000)] \} + 22 \exp[-(2,23 \times 20 \times 2 + 0,78 \times 60) / (0,50 \times 1000)] \}$$

$$= (630,12 / 16,72) \times (1 - 0,76) + 22 \times 0,76 = \mathbf{25,76 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$N = 15$$

$$T_s = \{ [2 \times 2,23 \times 2 \times 32,8 + 0,78 \times 10 \times 34,3] + 70 \} / [2(2,23 \times 2) + 0,78 \times 10] \cdot \{ 1 - \exp[-(2,23 \times 20 \times 2 + 0,78 \times 60) / (0,75 \times 1000)] \} + 22 \exp[-(2,23 \times 20 \times 2 + 0,78 \times 60) / (0,75 \times 1000)] \}$$

$$= (630,12 / 16,72) \times (1 - 0,834) + 22 \times 0,834 = \mathbf{24,6 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Casa Moral:

$$N = 5$$

$$T_s = \{ [2 \times 1,27 \times 3 \times 26,8 + 0,79 \times 10 \times 30] + 70 \} / [2 \times 1,27 \times 3 + 0,79 \times 10] \cdot \{ 1 - \exp[-(2 \times 1,27 \times 30 + 0,79 \times 80) / 0,332 \times 1000] \} + 22 \exp[-(2 \times 1,27 \times 30 + 0,79 \times 80) / 0,332 \times 1000] \} =$$

$$= (511,22 / 15,52) \times (1 - 0,657) + 22 \times 0,657 = \mathbf{25,75}$$

$$N = 10$$

$$T_s = \{ [2 \times 1,27 \times 3 \times 26,8 + 0,79 \times 10 \times 30] + 70 \} / [2 \times 1,27 \times 3 + 0,79 \times 10] \cdot \{ 1 - \exp[-(2 \times 1,27 \times 30 + 0,79 \times 80) / 0,667 \times 1000] \} + \\ + 22 \exp[-(2 \times 1,27 \times 30 + 0,79 \times 80) / 0,667 \times 1000] = \\ = (511,22 / 15,52) \times (1 - 0,812) + 22 \times 0,812 = \mathbf{24}$$

$$N = 15$$

$$T_s = \{ [2 \times 1,27 \times 3 \times 26,8 + 0,79 \times 10 \times 30] + 70 \} / [2 \times 1,27 \times 3 + 0,79 \times 10] \cdot \{ 1 - \exp[-(2 \times 1,27 \times 30 + 0,79 \times 80) / 1,0 \times 1000] \} + \\ + 22 \exp[-(2 \times 1,27 \times 30 + 0,79 \times 80) / 1,0 \times 1000] = \\ = (511,22 / 15,52) \times (1 - 0,87) + 22 \times 0,87 = \mathbf{23,4}$$

Casa chicha

$$N = 5$$

$$T_s = \{ [2 \times 3,51 \times 3 \times 26,8 + 2,38 \times 10 \times 37,4] + 70 \} / [2 \times 3,51 \times 3 + 2,38 \times 10] \cdot \{ 1 - \exp[-(2 \times 3,51 \times 30 + 2,38 \times 50) / (0,207 \times 1000)] \} + \\ + 22 \exp[-(2 \times 3,51 \times 30 + 2,38 \times 50) / (0,207 \times 1000)] = \\ = (1524 / 44,86) \times (1 - 0,2) + 22 \times 0,2 = \mathbf{31,57}$$

$$N = 10$$

$$T_s = \{ [2 \times 3,51 \times 3 \times 26,8 + 2,38 \times 10 \times 37,4] + 70 \} / [2 \times 3,51 \times 3 + 2,38 \times 10] \cdot \{ 1 - \exp[-(2 \times 3,51 \times 30 + 2,38 \times 50) / (0,416 \times 1000)] \} + \\ + 22 \exp[-(2 \times 3,51 \times 30 + 2,38 \times 50) / (0,416 \times 1000)] = \\ = (1524 / 44,86) \times (1 - 0,45) + 22 \times 0,45 = \mathbf{28,58}$$

$$N = 15$$

$$T_s = \{ [2 \times 3,51 \times 3 \times 26,8 + 2,38 \times 10 \times 37,4] + 70 \} / [2 \times 3,51 \times 3 + 2,38 \times 10] \cdot \{ 1 - \exp[-(2 \times 3,51 \times 30 + 2,38 \times 50) / (0,624 \times 1000)] \} + \\ + 22 \exp[-(2 \times 3,51 \times 30 + 2,38 \times 50) / (0,624 \times 1000)] = \\ = (1524 / 44,86) \times (1 - 0,59) + 22 \times 0,59 = \mathbf{26,9}$$

ANEXO C

A coleta e tratamento de esgoto “La Enlozada” (Figura 125) iniciou o seu funcionamento em 2016 e está localizado no distrito de Uchumayo 11 km do centro da cidade, o objetivo é a descontaminação do rio Chili onde alguns anos foi contaminada pelo esgoto. Isto permitirá a reutilização das águas do rio de recuperação de áreas agrícolas, qualidade do solo e diminuição doenças epidemiológicas. Outras plantas são: Planta Chilpina, Sitio los Tunales, Sitio cerro Negro, Sitio los Hurtados, Sitio pampa Estrella, Pampa escarelilla, onde atualmente se está melhorando as Infraestruturas.



Figura 125: Coleta e tratamento de esgoto “La enlozada”. Fonte: forosperu.net

ANEXO D

Conforme descrito os distritos de *Hunter*, *Socabaya*, *JByR*, *Sachaca*, *Tiabaya*, *Sabandia*, *Characato*, etc. são os mais adequados para edificar habitações, portanto a seguir apresenta-se a modo de exemplificação o distrito de *Characato*, analisando os equipamentos urbanos e transporte.

Observa-se que no distrito de *Characato* não apresenta importantes equipamentos urbanos, assim como falta de uso local (figura 126). Os principais equipamentos de saúde, educacional, institucional, etc. encontram-se no centro da cidade, a 11 km do distrito, a 40 minutos em transporte motorizado aproximadamente.

É importante definir principais equipamentos no setor leste da cidade de Arequipa, para diminuir o fluxo ao centro da cidade. Desta forma é possível descentralizar a cidade e reduzir o impacto ambiental causado pelo transporte motorizado, o principal contaminante do ar.

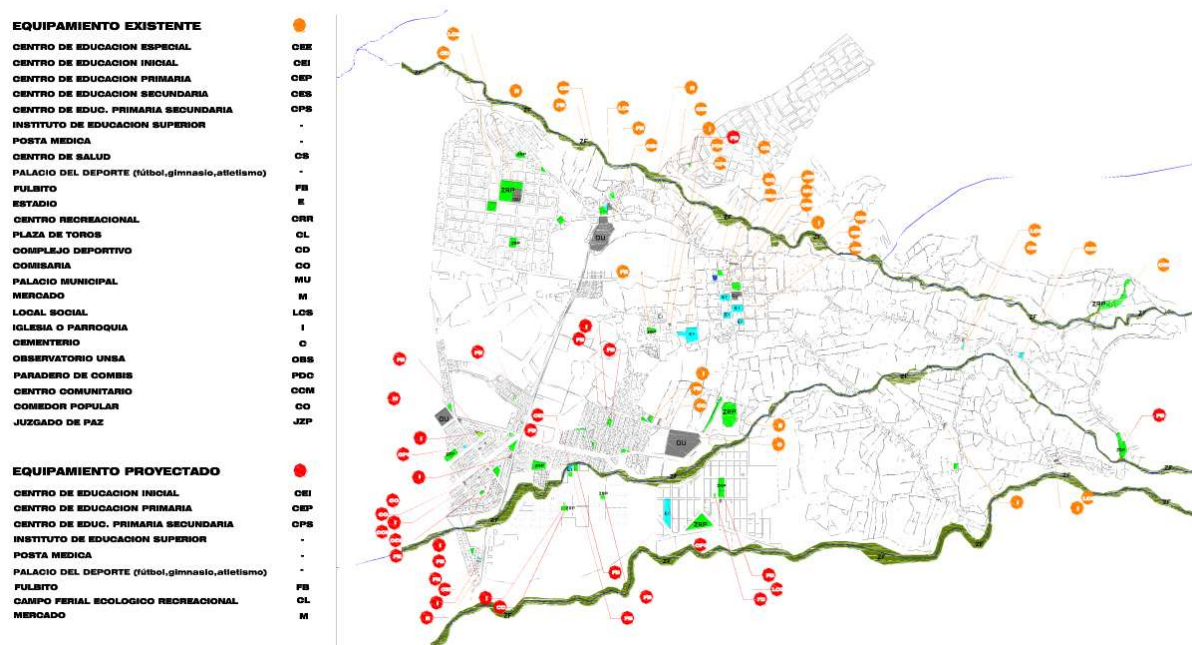


Figura 126: equipamentos urbanos no distrito de Characato. Fonte: PUT CHARACATO (2013-2018)

Observa-se uma interfase entre as áreas agrícolas e residencial, portanto é importante definir os limites entre ambos, para evitar a depredação das áreas verdes (Figura 127). Existe uma grande área da campina em Characato, o que contribui para a qualidade ambiental e conforto do morador local.

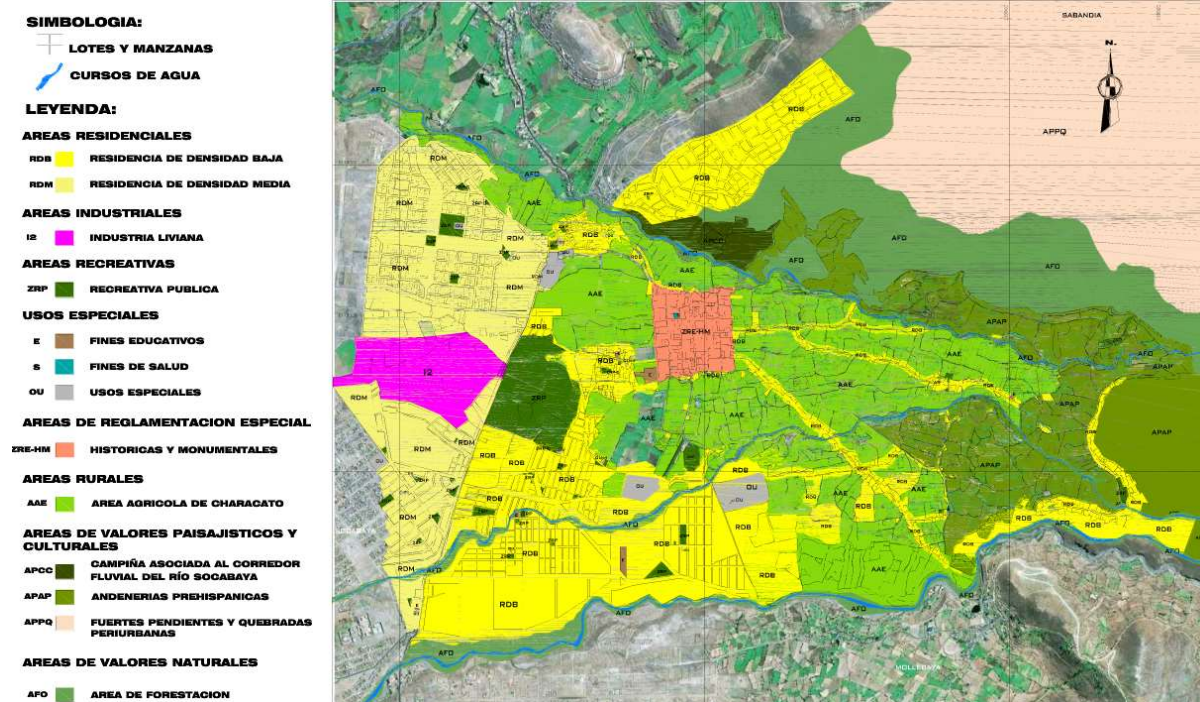


Figura 127: uso do solo em Characato. Fonte: PUT CHARACATO (2013-2018)

ANEXO E

Viabilidade de custo do lote e a edificação

Nas últimas décadas o valor dos lotes aumentou em demasia sendo atualmente inacessível para uma grande porcentagem da população. Observa-se como recurso o crescente vertical das habitações unifamiliares pela alta demanda dos terrenos.

Por outro lado, será que as edificações que se constroem atualmente são acessíveis para os usuários?

Considerando os seguintes dados como exemplificação, onde três membros da família recebem o salário de 300 USD cada um, poupando 50 % do valor em dez anos ($500 \text{ USD} \times 12 \text{ meses} \times 10 \text{ años}$), temos a quantia de 60000 USD para comprar o terreno e construir a edificação.

Conforme descrito na literatura as habitações em Arequipa variam entorno 100000 USD, sendo inacessível para a população que não apresenta moradias e lotes.

Portanto é preciso rever a materialidade das edificações, para minimizar os custos da edificação, seja utilizando materiais recicláveis ou inovando com novas alternativas de sistemas construtivos que reduzam o valor final do prédio.

ANEXO F

Exemplificação de reciclagem da rocha sillar

Na reciclagem dos resíduos das pedreiras de sillar observamos diferentes formas e dimensões de rochas, podendo classificá-la em pequenas (até 5cm) e medianas (de 5 a 20cm) a simples vista (figura 128), mas são necessários estudos detalhados para definir estes parâmetros. O uso destes materiais (entulho) permitirá a economia do usuário, pois nas pedreiras estes não têm valor nenhum, sendo o único custo o de transporte, além de contribuir a limpeza das pedreiras e poupança da matéria prima. Pela sua fácil manipulação permitirá uma melhor adequação ao sistema construtivo, assim como novas possibilidades de texturas e expressão construtiva.



Figura 128: entulho das pedreiras da rocha sillar. Fonte: “_____”

O Sistema construtivo da parede esta inspirado nas construções da colônia e adaptado com tecnologias disponíveis atuais. A de considerar-se a resistência mecânica para sua adequação aos movimentos sísmicos. A aplicação deste sistema favorecerá a proteção contra incêndios, ruídos e melhor qualidade térmica no interior dos ambientes, A largura da parede dependera da orientação, implantação, etc., considerando como base 25 cm.

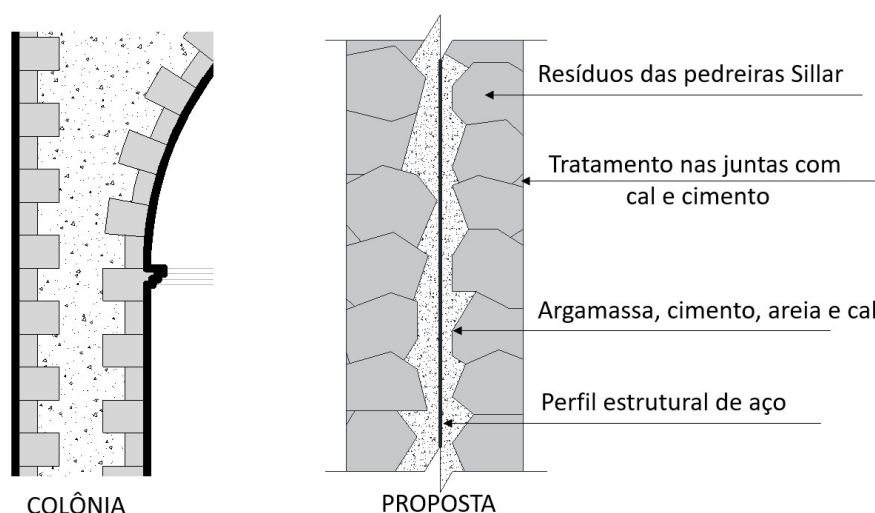


Figura 129: exemplificação de reciclagem da rocha sillar. Fonte: elaboração do autor

Uma vez definido o sistema construtivo em paredes podemos propor uma modelam tipo “lego” que permita a flexibilidade dos ambientes, assim como a durabilidade dos materiais. Os dimensionamentos destes módulos merecem estudos aparte, considerando as instalações sanitárias e elétricas.

ANEXO G

Utilizou-se representação gráfica onde a cor cinza os quais agrupam recomendações desejáveis e o sombreado de mesma cor mais escuro destacam as diretrizes qualificadas como prioritárias.

Foco	Parâmetros	Parâmetros de análise vernácula					Análise bioclimática				
		Geral					Específico				
		Físico	Materialidade	Forma	Função	Cultura	Térmica	Acústica	Ventilação	Visual	Materiais
Implantação	Identificação e qualificação do lugar										
	Parâmetros urbanísticos										
	Adequação ao entorno climático										
	Gestão de recursos										
Morfologia	Fator de forma										
	Escala dos volumes										
	Aberturas										
	Dispositivos de proteção										
Materialidade	Sistema estrutural										
	Materiais constituintes										
	Sist. construtivos de vedações int.										
	Uso de mão-de-obra local										
Espacialidade	Disposição de ambientes										
	Ambiência térmica										
	Ambiência acústica										
	Ambiência lumínica										

Quadro 26: Matriz relacional adaptada dos parâmetros de arquitetura vernacula e análise bioclimático em relação aos parâmetros da metodologia GPAS/PROARQ, 2008. Fonte: Elaboração do autor.

ANEXO H



Figura 130: metodologia para a releitura do vernacular. Fonte: elaboração do autor

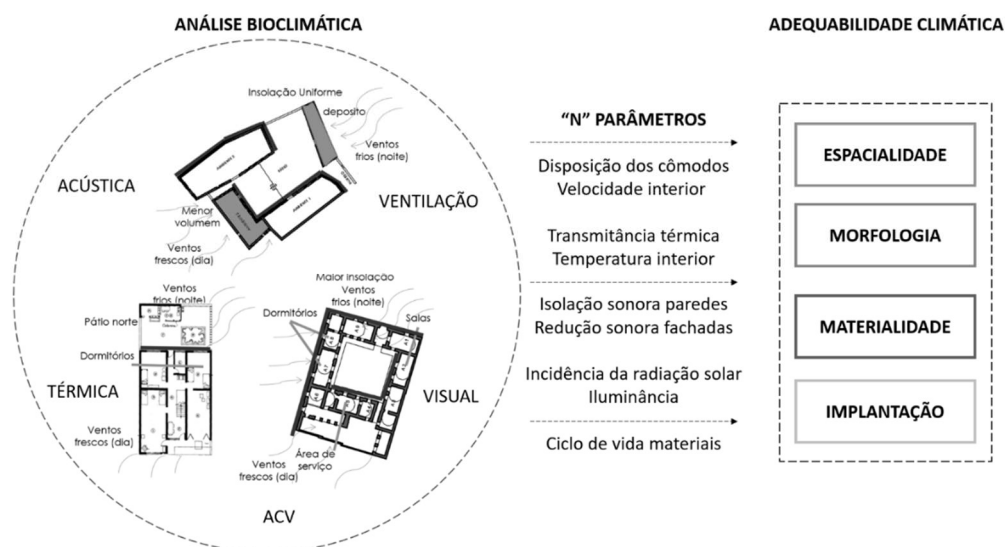


Figura 131: Adequabilidade climática através da análise da arquitetura vernácula. Fonte: elaboração do autor

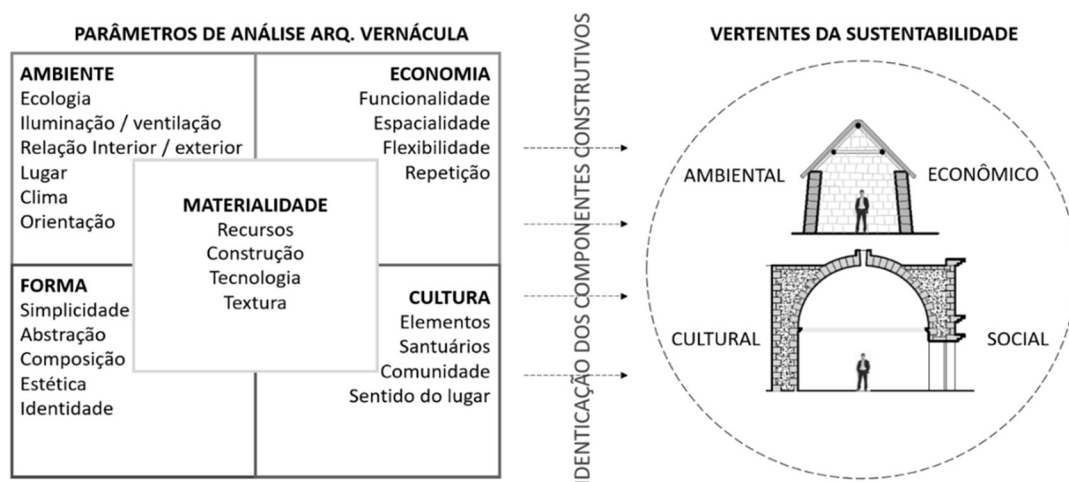


Figura 132: relação das vertentes da sustentabilidade e análise da arquitetura vernácula. Fonte: Elaboração do autor