

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Daniel Schommer de Oliveira**

**RESGATE DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS MAIS  
SUSTENTÁVEIS: ANÁLISE E DESCRIÇÃO DO SISTEMA  
ENXAIMEL**

Porto Alegre  
julho 2011

**DANIEL SCHOMMER DE OLIVEIRA**

**RESGATE DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS MAIS  
SUSTENTÁVEIS: ANÁLISE E DESCRIÇÃO DO SISTEMA  
ENXAIMEL**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Miguel Aloysio Sattler**

Porto Alegre  
julho 2011

**DANIEL SCHOMMER DE OLIVEIRA**

**RESGATE DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS MAIS  
SUSTENTÁVEIS: ANÁLISE E DESCRIÇÃO DO SISTEMA  
ENXAIMEL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 9 de julho de 2011

Prof. Miguel Aloysio Sattler  
PhD pela University of Sheffield  
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)**  
PhD. pela University of Sheffield

**Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Arq. Ana Paula Bayer**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedicado a todos aqueles que acreditaram e perseveraram  
junto comigo, em especial, meus pais.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer aos meus pais que sempre se sacrificaram e batalharam muito para que o sonho de ver seus filhos formados no Ensino Superior fosse realizado. Aproveito para lhes pedir desculpas pelos momentos de ausência, mau-humor ou silêncio total (eles foram estritamente necessários). Certamente foi um período de aprendizado e amadurecimento para todos nós.

Gostaria de agradecer a minha irmã Simone (pelo apoio incondicional) e a minha afilhada Gabriela (pelo exemplo de vitalidade e energia inesgotáveis).

A todos que considero ser da minha família seja por genética ou por afinidade e opção (meus amigos).

Agradeço ao Professor Miguel Sattler (orientador deste Trabalho) pela sabedoria e tranquilidade com que conduziu os trabalhos. Pelo seu labor com o objetivo de passar aos seus alunos um pensamento holístico, na busca pela preservação do meio ambiente e preocupado com as gerações futuras. Por ter lançado o tema deste Trabalho em uma de suas aulas e por ter confiado a mim a responsabilidade para realizá-lo.

Agradeço a Professora Carin Schmitt (coordenadora da Disciplina) pelo seu trabalho abnegado, criterioso e incansável na busca da melhoria contínua deste Trabalho. Certamente esse objetivo foi alcançado.

Agradeço as orientandas do Prof. Sattler, Arq. Juliana Moehlecke e Arq. Ana Paula Bayer pelas dicas, referências e coordenadas para rumar sempre pelo caminho certo e seguro.

Agradeço a todos os Mestres e colegas que dividiram comigo essa longa jornada e odisséia chamada Escola de Engenharia.

E finalmente gostaria de fazer um agradecimento especial para a Arq. Karin Brakemeier, sem a qual, este Trabalho não teria sido possível. Pela sua opção por não tratar o conhecimento como algo hermético e sigiloso, e sim, acessível e universal, abrindo seus arquivos, liberando acesso irrestrito a obra, o meu respeito e admiração.

Sê TODO em cada coisa. Põe quanto és  
No mínimo que fazes.

*Fernando Pessoa*

## RESUMO

OLIVEIRA, D. S. **Resgate de técnicas construtivas mais sustentáveis:** análise e descrição do sistema enxaimel. 2011. 71 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Cada dia que passa se torna mais imperativo o cuidado e controle consciente de nossos recursos naturais. Com uma população mundial em constante crescimento (já se aproximando a sete bilhões de habitantes), se faz necessário aplicar e discutir ações que mantenham o Planeta habitável e que, sobretudo, isso seja feito de maneira sustentável. Neste trabalho se buscou ilustrar e registrar o resgate de uma antiga técnica de construção, o Enxaimel, que foi trazida para o Rio Grande do Sul no século XIX pelos imigrantes alemães, associando-a aos aspectos sustentáveis nos dias de hoje. Foram comparadas as técnicas que os imigrantes utilizaram há mais de 100 anos, com a técnica construtiva do Enxaimel atual. Para isso adotou-se como objeto de estudo uma edificação em Nova Petrópolis-RS. **Objetivos:** Foram objetivos desta pesquisa: apresentar uma proposta que associasse a técnica Enxaimel com os mais atuais pressupostos de sustentabilidade, visando edificações mais eficientes e ambientalmente favoráveis e caracterizar o estudo de caso com a identificação e descrição das etapas construtivas (com execução de argamassa de assentamento de argila/areia/esterco), dificuldades e patologias encontradas. **Resultados:** Os resultados obtidos apontam que a técnica Enxaimel tem viabilidade de ser aplicada pela sua adaptabilidade, desde que sejam respeitadas as condições de contorno fundamentais para sua implementação; abundância de madeira (com capacitada equipe de carpintaria) e de material argiloso para preenchimento dos quadros. Apontam também, que a obra utilizada como objeto deste estudo tem propriedades diferenciadas, características de uma obra de arte, e que em vista disso, surgiu a necessidade de se apresentar uma proposta de edificação sustentável mais adequada com os objetivos propostos. Desta forma, o presente trabalho espera ter contribuído para a valorização e discussão sobre a técnica Enxaimel com a intenção de gerar subsídios para reflexão e debate sobre o tema, deixando como sugestão a execução da proposta apresentada para posterior análise do seu comportamento termo-acústico, por exemplo.

Palavras-chave: Enxaimel; sustentabilidade; apresentação da proposta.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: representação esquemática de delineamento do projeto de pesquisa.....	16
Figura 2: detalhe em perspectiva de uma típica construção de Enxaimel.....	20
Figura 3: detalhamento dos principais tipos de contraventamento.....	21
Figura 4: detalhamento dos diferentes estilos de Enxaimel desenvolvidos – sistema construtivo franco.....	23
Figura 5: detalhamento dos diferentes estilos de Enxaimel desenvolvidos – sistema construtivo baixo-saxão.....	24
Figura 6: detalhamento dos diferentes estilos de Enxaimel desenvolvidos – sistema construtivo alemânico.....	24
Figura 7: desenho no chão com sinais de runa realizado pelos carpinteiros para a montagem das paredes.....	26
Figura 8: detalhe dos diversos tipos de encaixe verticais e horizontais desenvolvidos....	27
Figura 9: perspectiva da fundação de pedra e da estrutura em madeira presentes em toda construção de enxaimel.....	30
Figura 10: exemplo de taipa e detalhe de sua forma ascendente.....	33
Figura 11: enchimento de um tramo de enxaimel pela técnica de rolo de palha e barro..	34
Figura 12: técnica do pão de barro.....	35
Figura 13: planta baixa primeiro pavimento.....	41
Figura 14: planta baixa sótão (pav. 2).....	42
Figura 15: fachada frontal (orientação sul) e dos fundos (orientação norte).....	43
Figura 16: propriedade da Arq. Karin Brakemeier em Enxaimel original.....	44
Figura 17: representação esquemática das etapas construtivas.....	45
Figura 18: fundações, laje e viga de baldrame de madeira.....	47
Figura 19: galpão de preparo da madeira e madeiramento.....	48
Figura 20: perspectiva isométrica do madeiramento do térreo.....	48
Figura 21: perspectiva isométrica do madeiramento do sótão (pav.2).....	49
Figura 22: tipos de encaixes utilizados na obra.....	50
Figura 23: cruz de Santo André fora do projeto e executada.....	51
Figura 24: detalhe da parede simples e dupla.....	52
Figura 25: argamassa, preparo e assentamento.....	53
Figura 26: teste da bola caindo.....	54
Figura 27: teste retração da argamassa.....	54
Figura 28: detalhe do reboco almofadado areia/cal.....	55
Figura 29: caracterização da edificação proposta.....	64



Figura 30 dimensões da edificação proposta.....	65
Figura 31: exemplo do adobe e de sua utilização.....	66
Figura 32: caracterização da edificação proposta com reboco de cal.....	68

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: distâncias percorridas pelos materiais até a obra (Nova Petrópolis-RS).....	59
Quadro 2: resultados da comparação com pressupostos sustentáveis.....	63

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 DIRETRIZES DE PESQUISA</b> .....	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	14
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	14
<b>2.2.1 Objetivo principal</b> .....	14
<b>2.2.2 Objetivo secundário</b> .....	14
2.3 PRESSUPOSTO.....	15
2.4 PREMISSE.....	15
2.5 DELIMITAÇÃO.....	15
2.6 LIMITAÇÃO.....	15
2.7 DELINEAMENTO.....	15
<b>2.7.1 Pesquisa bibliográfica</b> .....	17
<b>2.7.2 Análise do banco de dados</b> .....	17
<b>2.7.3 Acompanhamento da obra</b> .....	17
<b>2.7.4 Descrição e análise da técnica construtiva e dos procedimentos utilizados</b> .....	17
<b>2.7.5 Comparação com objetivos sustentáveis e apresentação da proposta</b> .....	18
<b>2.7.6 Considerações finais e conclusões</b> .....	18
<b>3 ENXAIMEL</b> .....	19
3.1 PROCESSO CONSTRUTIVO.....	25
3.2 ADAPTAÇÃO ÀS NOVAS CONDICIONANTES AMBIENTAIS.....	28
<b>4 MATERIAIS UTILIZADOS NA TÉCNICA ENXAIMEL</b> .....	30
4.1 FUNDAÇÕES.....	31
4.2 MADEIRA.....	31
4.3 BARRO.....	31
4.4 ADOBE.....	32
4.5 TAIPA.....	33
4.6 PEDRA.....	35
4.7 TIJOLO.....	36
4.8 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO.....	36
4.9 REVESTIMENTO.....	36
<b>5 PRESSUPOSTOS SUSTENTÁVEIS</b> .....	37
5.1 SUSTENTABILIDADE.....	37
5.2 EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS.....	38

5.3 BIOARQUITETURA.....	39
<b>6 A EDIFICAÇÃO ESTUDADA.....</b>	<b>40</b>
6.1 A PROJETISTA E EXECUTANTE.....	44
6.2 A EQUIPE TÉCNICA.....	45
6.3 AS ETAPAS, MATERIAIS E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS.....	45
<b>6.3.1 Delineamento e identificação das etapas construtivas.....</b>	<b>45</b>
<b>6.3.2 Fundações.....</b>	<b>46</b>
<b>6.3.3 Madeiras.....</b>	<b>47</b>
<b>6.3.4 O Enxaimel.....</b>	<b>49</b>
<b>6.3.5 Paredes.....</b>	<b>51</b>
<b>6.3.6 Argamassa de assentamento.....</b>	<b>53</b>
<b>6.3.7 Reboco, revestimentos e pinturas.....</b>	<b>54</b>
6.2 AS DIFICULDADES, PROBLEMAS E PATOLOGIAS.....	56
<b>7 COMPARAÇÃO COM PRESSUPOSTOS SUSTENTÁVEIS E APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA.....</b>	<b>58</b>
7.1 COMPARAÇÃO COM PRESSUPOSTOS SUSTENTÁVEIS.....	58
<b>7.1.1 Gerenciamento racional dos recursos materiais.....</b>	<b>58</b>
<b>7.1.2 Redução de distâncias com transporte.....</b>	<b>59</b>
<b>7.1.3 Utilização de materiais, recursos e mão de obra locais.....</b>	<b>60</b>
<b>7.1.4 Redução de perdas.....</b>	<b>60</b>
<b>7.1.5 Utilização de produtos com baixo custo e nível de industrialização.....</b>	<b>61</b>
<b>7.1.6 Redução do uso excessivo de produtos a base de cimento.....</b>	<b>61</b>
<b>7.1.7 Redução do uso excessivo de produtos a base de petróleo.....</b>	<b>62</b>
<b>7.1.8 Não utilização de materiais tóxicos para a manutenção da edificação.....</b>	<b>62</b>
<b>7.1.9 Resumo dos resultados obtidos.....</b>	<b>62</b>
7.2 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA.....	63
<b>7.2.1 O madeiramento do Enxaimel.....</b>	<b>65</b>
<b>7.2.2 Parede simples composta por blocos de adobe e argamassa de barro.....</b>	<b>65</b>
<b>7.2.3 Revestimentos e pinturas.....</b>	<b>66</b>
<b>8 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Desde a chegada dos primeiros imigrantes alemães ao Brasil, no início do século XIX, na sua tradição e cultura, eles trouxeram e adaptaram suas técnicas construtivas próprias e muito características. Uma dessas técnicas, que foi muito utilizada até a segunda década do século XX, foi a técnica construtiva Enxaimel. Ela é constituída por grandes quadros de madeira, montados sem pregos, apenas com encaixes e depois preenchidos com material existente no local (especificamente no Rio Grande do Sul foi utilizado adobe, taipa, tijolos maciços e até pedra de arenito cortada), geralmente sem a utilização de reboco. Caracterizavam-se também pela robustez e eficiência estrutural, além do seu pequeno número de etapas construtivas e custo reduzido.

Mesmo com essas propriedades e características, o que se verifica nos dias de hoje é a quase extinção da utilização desse estilo construtivo, mesmo nas cidades de colonização alemã, onde sua existência se justificaria pelos aspectos de identidade visual, cultura e turismo. O que se constata nesses locais são alguns fatores que contribuíram para o abandono gradual dessa técnica. Entre esses fatores, pode-se destacar:

- a) transmissão da técnica predominantemente oral: passada oralmente nas famílias, de geração em geração, sem nenhum registro escrito ou documento específico;
- b) proliferação do falso Enxaimel: consiste na construção de alvenaria normal, na qual, depois de concluída, é anexado um adorno em madeira imitando parcamente o quadro do padrão Enxaimel original;
- c) surgimento e consolidação do cimento como principal material construtivo em argamassas e elementos estruturais com o concreto armado;
- d) ocorrência das duas Grandes Guerras Mundiais (1915-1919 e 1939-1945), nas quais a Alemanha sempre se apresentou como principal inimigo: isso refletiu nos costumes e hábitos de todos os descendentes alemães que moravam no Brasil, que tiveram que se desapegar da cultura germânica para que não fossem associados ou identificados como inimigos, incluído nisso, mais do que outros aspectos os relativos à arquitetura de uma edificação;
- e) escassez de madeira na Alemanha.

O escopo desse trabalho é embasado e se objetiva na perspectiva de integrar a antiga técnica de Enxaimel, tentando associá-la com os pressupostos mais atuais de Edificações Sustentáveis como: uso de material existente no local, redução de distâncias e de transporte (com economia de energia e diminuição na emissão de gases), eliminação de estoques, redução das perdas, gerenciamento racional dos recursos naturais, buscando dessa forma, resgatar esse estilo construtivo. Desta forma, esse trabalho fará a análise, acompanhamento e descrição desta técnica construtiva.

O trabalho foi dividido em 8 capítulos, enumerados e conceituados da seguinte maneira: no capítulo 2 é apresentado o Método de Pesquisa que serviu para nortear esse estudo. No capítulo 3, se explicou a técnica em Enxaimel com seu processo construtivo, e como ele foi se adaptando a diferentes condicionantes ambientais. No capítulo 4, são listados e descritos os tipos de materiais utilizados para a construção em Enxaimel. No capítulo 5, foram apresentadas definições de sustentabilidade, edificações sustentáveis, bioarquitetura e os pressupostos sustentáveis que serviram de paradigma para realização deste Trabalho. No capítulo 6 se apresentou a obra estudada, os seus materiais, métodos utilizados e profissionais envolvidos. No capítulo 7 se fez a comparação dos pressupostos sustentáveis com aquilo que foi aplicado na obra e se apresentou uma proposta que buscou integrar mais o sistema Enxaimel com o pensamento sustentável. E, finalmente, no capítulo 8, foram feitas as considerações finais sobre a matéria objeto de estudo deste trabalho.

## **2 DIRETRIZES DE PESQUISA**

Nos próximos itens será explicitado o método de pesquisa utilizado para a realização deste trabalho, com a enumeração da questão de pesquisa, objetivos, pressuposto, premissa, delimitação e delineamento do mesmo.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa deste trabalho é: tendo a edificação em Enxaimel estudada como parâmetro, como essa técnica poderia ser aplicada utilizando os princípios da sustentabilidade em edificações?

### **2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO**

A seguir se apresentam os objetivos traçados na elaboração deste trabalho.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal deste trabalho é a associação entre a técnica Enxaimel e os atuais pressupostos de sustentabilidade com a apresentação de uma proposta de edificação visando construções mais eficientes e ambientalmente favoráveis.

#### **2.2.2 Objetivo secundário**

O objetivo secundário deste trabalho é a identificação, enumeração e descrição das etapas construtivas, dificuldades e patologias observadas na edificação estudada construída com a técnica Enxaimel.



## 2.3 PRESSUPOSTO

É pressuposto deste trabalho que na execução da obra, objeto deste estudo, foram especificados e aplicados materiais de acordo com práticas de boa engenharia e construção, bem como mão de obra treinada, qualificada e habilitada para a realização do ofício.

## 2.4 PREMISSA

É premissa deste trabalho que a adoção de princípios da bioarquitetura e da sustentabilidade aplicada à construção civil levam para a obtenção de edificações mais eficientes e ambientalmente favoráveis.

## 2.5 DELIMITAÇÃO

A delimitação que orientou a formatação deste trabalho foi a realização da pesquisa de campo deste trabalho na cidade de Nova Petrópolis, Rio Grande do Sul, em uma habitação residencial unifamiliar.

## 2.6 LIMITAÇÃO

A limitação que conduziu a elaboração deste trabalho foi: somente as paredes constituídas pelo quadro de madeira e seu respectivo enchimento (característicos da técnica Enxaimel) foram objeto de análise, excluídas as paredes de áreas molhadas (cozinha e banheiros) que tiveram outro tipo de solução construtiva na edificação estudada.

## 2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1 e descritas nos próximos itens:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) análise do banco de dados sobre a edificação estudada (fotos, projeto arquitetônico);
- c) acompanhamento da obra com a identificação das etapas construtivas e de problemas e dificuldades (se existirem);
- d) descrição e análise da técnica construtiva e dos procedimentos utilizados;
- e) comparação com objetivos sustentáveis e apresentação de proposta;
- f) considerações finais e conclusões.

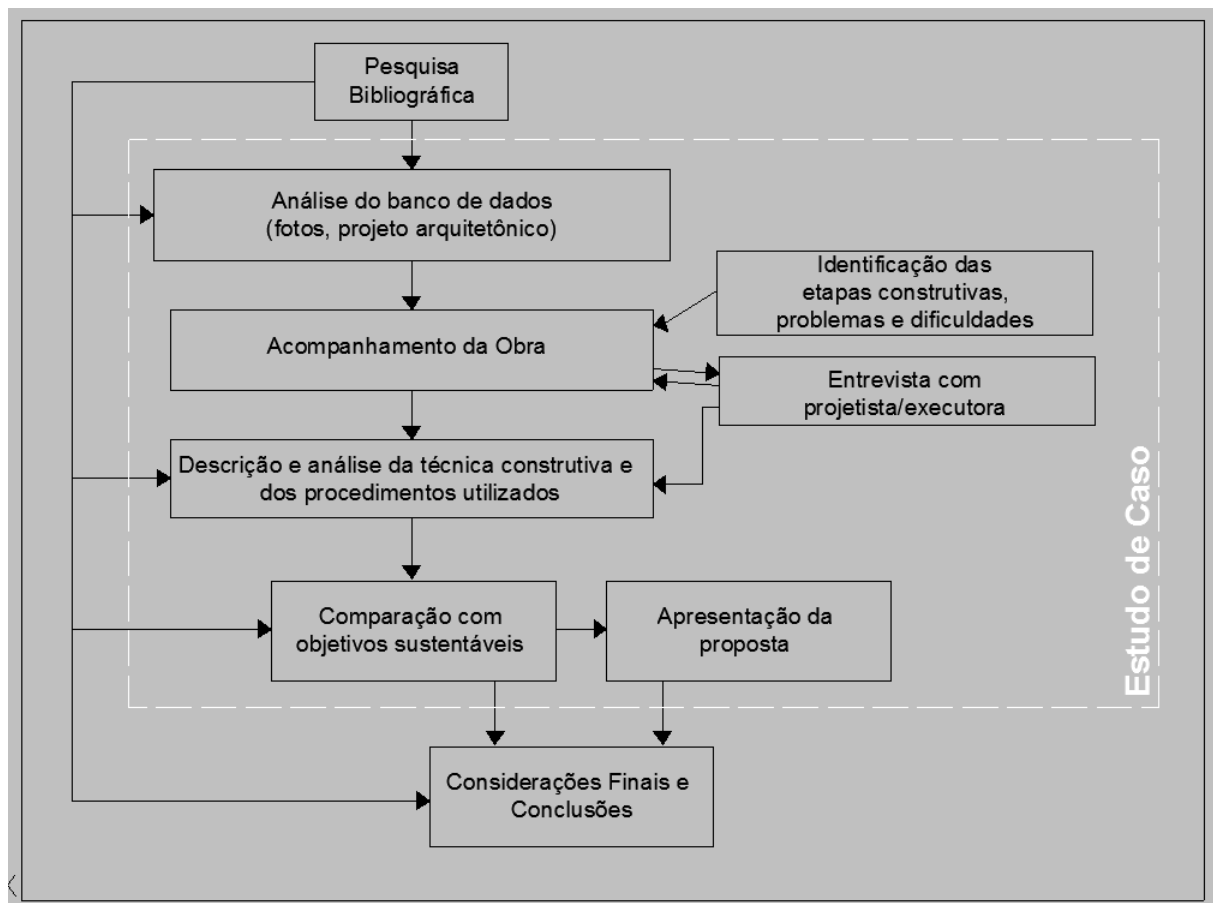


Figura 1: representação esquemática de delineamento da pesquisa

### **2.7.1 Pesquisa bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica foi realizada durante todo o desenvolvimento do presente trabalho e serviu de suporte e auxílio para o embasamento teórico e obliteração de dúvidas e problemas que vieram a surgir no seu decorrer.

### **2.7.2 Análise do banco de dados**

Nesta etapa, foram realizadas a análise e levantamento de todos os dados existentes referentes à obra estudada, com avaliação de seus levantamentos fotográficos que mostram suas etapas construtivas, projeto arquitetônico, detalhamentos, memoriais descritivos e tudo mais que foi produzido para a execução da mesma.

### **2.7.3 Acompanhamento da obra**

Com o acompanhamento da obra se procurou obter uma aproximação e identificação das etapas e rotinas construtivas que foram aplicadas para melhor compreender o processo como um todo.

### **2.7.4. Descrição e análise da técnica construtiva e dos procedimentos utilizados**

Associando os conhecimentos obtidos pela pesquisa bibliográfica e banco de dados, com a experiência e compreensão adquiridas no canteiro de obras, junto com as entrevistas com os profissionais envolvidos na obra, realizou-se a descrição, análise e enumeração da técnica construtiva e dos procedimentos utilizados.

### **2.7.5 Comparação com objetivos sustentáveis e apresentação de proposta**

Com o resultado da descrição da técnica construtiva (via estudo de caso), foi feita a comparação destas respostas com os objetivos e pressupostos de sustentabilidade que foram estudados. A análise dessa comparação conduziu para a apresentação de uma proposta de edificação que associou de maneira mais integral a técnica Enxaimel com o pensamento sustentável.

### **2.7.6 Considerações finais e conclusões**

Análise final de todos os resultados obtidos e conclusão sobre a técnica Enxaimel, avaliando se ela tem potencial de ser uma alternativa viável e que consiga aliar em sua técnica de execução atributos que aumentem e propiciem sua sustentabilidade.

### 3 ENXAIMEL

A origem da arquitetura em Enxaimel está associada com as antigas tribos bárbaras, mas foi na Idade Média que chegou ao seu máximo desenvolvimento. Foi adquirindo características e expressões diversas conforme foi se associando a diferentes grupos étnicos (WEIMER, 1977, p. 56).

O enxaimel seria a expressão em português para o que os alemães chamam de *Fachwerk* ou *Fachwerkbau*. Segundo Weimer (2005, p. 66) a tradução literal para o termo *Fackwerkbau* seria **construção em prateleiras**, onde a estrutura consiste em uma trama de madeira aparelhada com peças horizontais, verticais e inclinadas, que em sua construção vão formando paredes estruturadas e encaixadas entre si. Posteriormente, estes quadros ou tramos são preenchidos com taipa, tijolos, adobe ou pedra. Existem diferentes interpretações para a origem etimológica do termo enxaimel, o termo teria origem árabe<sup>1</sup>, mas segundo Weimer (2005, p. 66) isso seria estranho, pois a Arquitetura árabe é constituída essencialmente com elementos de pedra. Nos dicionários de Portugal essa palavra não é encontrada ou quase sempre é referida como uma peça isolada de madeira. Assim sendo, e de acordo com a interpretação de Weimer (2005, p. 66), será utilizado nesse trabalho o significado do termo referido no alemão: o de muitas peças encaixadas formando uma estrutura composta.

Weimer (1977, p. 56) caracteriza a Arquitetura em Enxaimel da seguinte maneira: “Até hoje ela ainda impressiona por sua modernidade em termos de clareza estrutural, harmonia das proporções e sua adequada escala humana.”. Na figura 2 se pode observar um exemplo de uma típica construção em Enxaimel.

---

<sup>1</sup> O autor cita Aurélio B. H. Ferreira como fonte dessa informação.

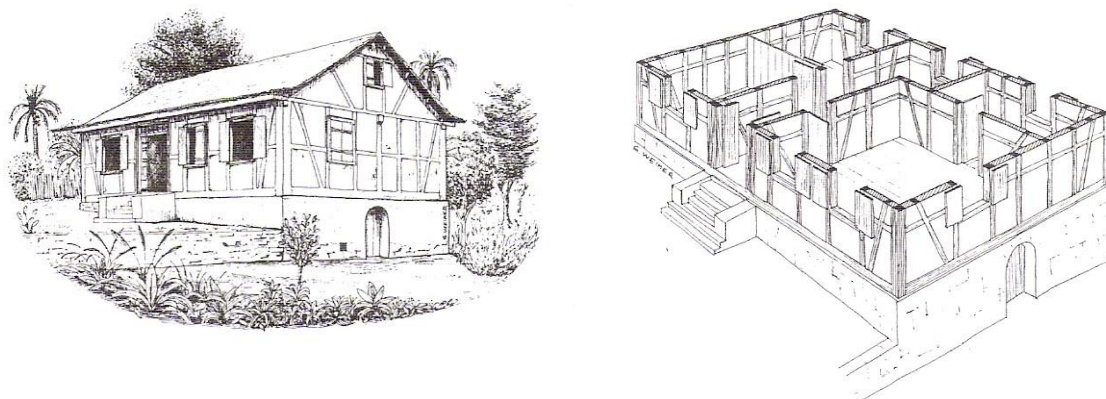


Figura 2: detalhe em perspectiva de uma típica construção em Enxaimel (WEIMER, 2005, p. 265)

De acordo com Weimer (2005, p. 66), a técnica de Arquitetura em Enxaimel se difundiu por toda a Europa Central em substituição a outra técnica construtiva chamada de *Blocausse* que consistia na construção das paredes com troncos roliços e diâmetros semelhantes que iam sendo empilhados e formavam as paredes. Como essa técnica demandava um alto consumo de madeira, muito maior que o Enxaimel, com a escassez de sua matéria-prima foi sendo gradativamente abandonada. Em termos de sua utilização no Rio Grande do Sul, o *Blocausse* não teve nenhuma aplicação, sendo encontrada de forma limitada em Santa Catarina.

Segundo Weimer (2005, p. 67) a partir de 1700, toda a produção de madeira da Europa Central não conseguia mais atender a demanda e por isso houve a necessidade de ir substituindo gradativamente a construção de madeira pela de pedra. Com isso foram surgindo as construções mistas, nas quais o primeiro andar era de pedra e o segundo de Enxaimel. Isso significa que todas as construções em Enxaimel existentes surgiram numa época na qual já havia escassez de madeira na Europa. Em decorrência disso, de acordo com Schneider<sup>2</sup> (1971 apud WEIMER, 2005, p. 67), se verifica nitidamente que as casas de enxaimel são de propriedade de classes de maior poder aquisitivo. Com isso Weimer (2005, p. 67) conclui que as casas construídas na época da emigração para o Rio Grande do Sul já eram obsoletas na Europa pela falta de sua matéria-prima e não pela obsolescência da sua técnica. Na figura 3 se apresentam os principais tipos de contraventamento desenvolvidos na utilização da técnica em Enxaimel.

<sup>2</sup> SCHNEIDER, Henrich. Das Baugesicht in sechs Dörfern der Pfalz. Eine geographische Untersuchung zum Gestalt und Funktionswandel der Gebäude unter dem Einfluss der Wirtschaftlichen Entwicklung seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts. Marburg/Lahn: Geographisches Institut der Universität Marburg, 1971. n. 49.

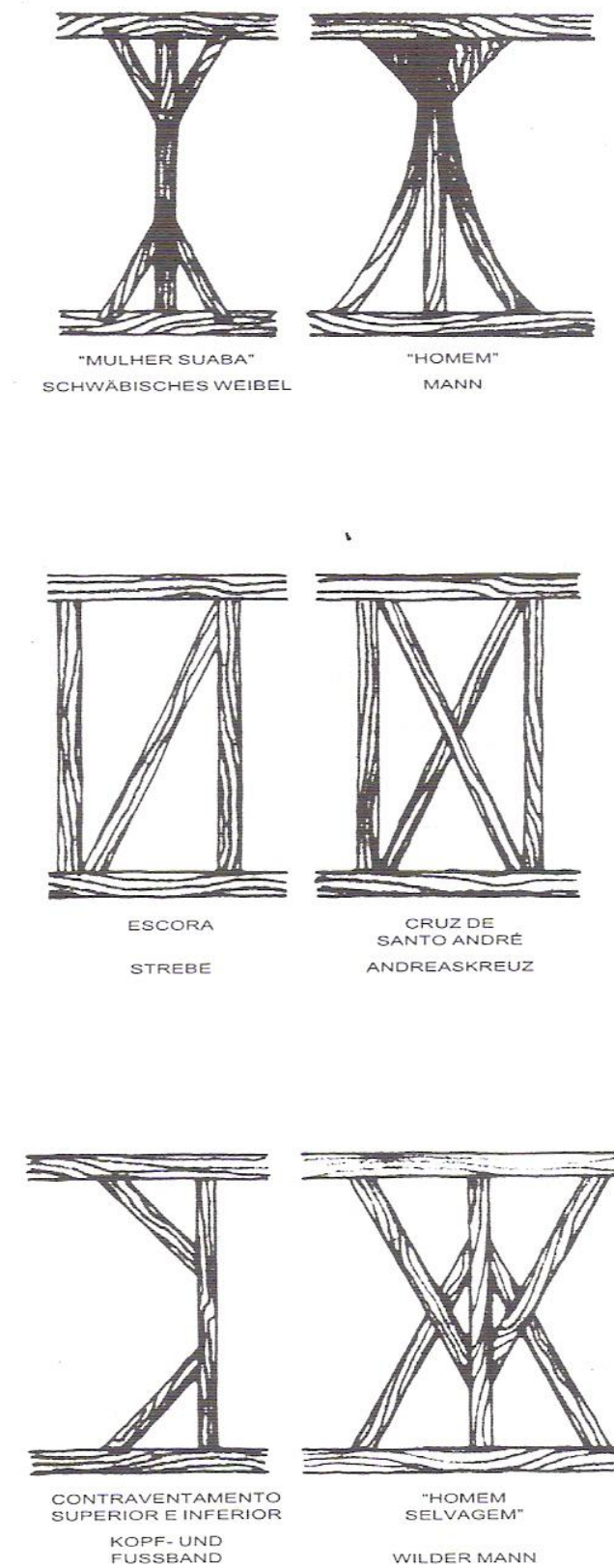


Figura 3: detalhamento dos principais tipos de contraventamento (WEIMER, 2005, p. 71)

Os elementos constituintes da parede de Enxaimel são identificados da seguinte maneira por Weimer (2005, p. 359):

Em sua forma mais comum, a parede de enxaimel é contida por um baldrame, um frechal e dois cunhais (ou dois esteios principais, em se tratando de paredes internas). Nesse requadro estão encaixados os esteios secundários que definem os vãos, limitados horizontalmente, por verga e peitoril. Nos tramos fechados aparece o *Mittelriegel* que chamamos de peitoril ou verga conforme se situe abaixo ou acima da linha média das janelas. As paredes internas são marcadas externamente por esteios principais, mais robustos que os secundários. Nos tramos extremos de cada pano de parede aparecem escoras encaixadas entre o baldrame e o frechal. Quando os panos são muito grandes, pode aparecer uma escora intermediária.

Assim como nos tipos de contraventamento, cada localidade da Europa foi adaptando o estilo Enxaimel às suas características e necessidades próprias, tanto de material como de mão de obra. Desta forma foram surgindo diferentes configurações para o Enxaimel, dentre as quais se podem classificar as seguintes:

- a) o sistema construtivo franco (figura 4);
- b) o sistema construtivo baixo-saxão (figura 5);
- c) o sistema construtivo alemânico (figura 6).



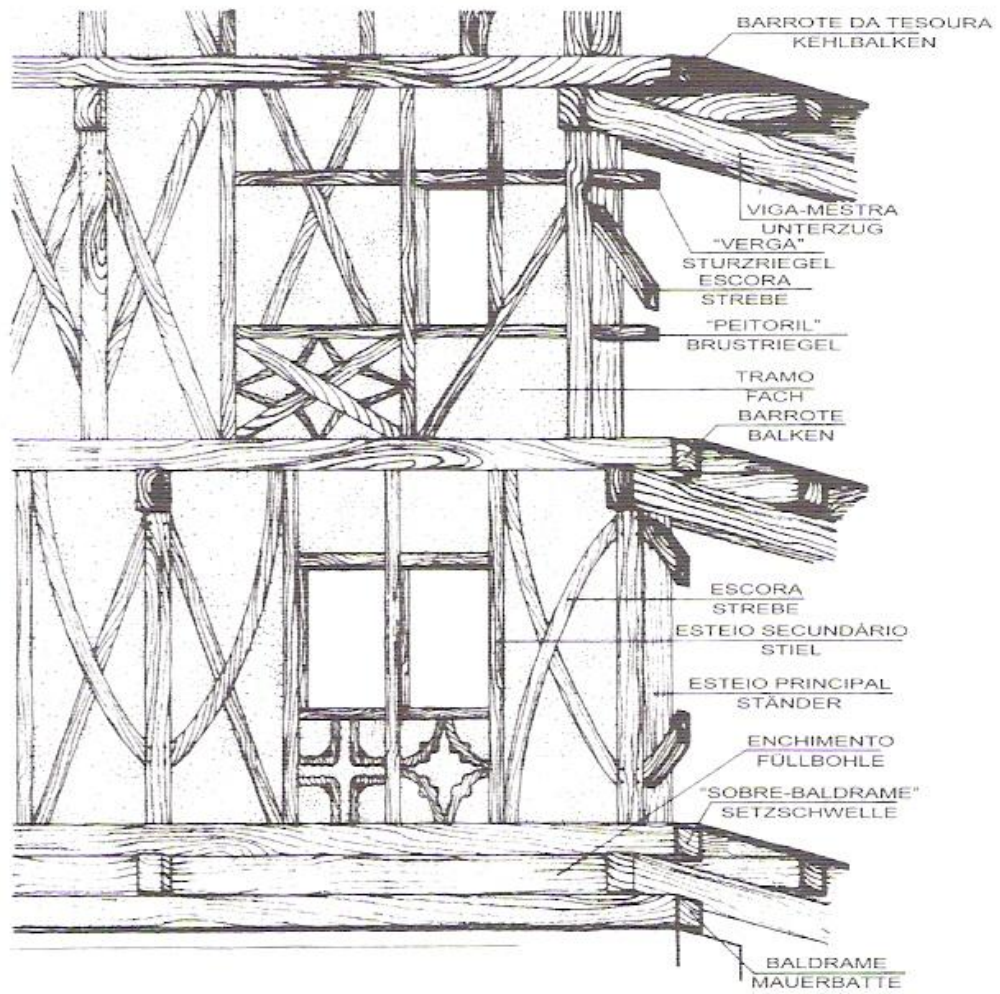


Figura 4: detalhamento dos diferentes estilos de Enxaimel desenvolvidos – sistema construtivo franco (WEIMER, 2005, p. 70)

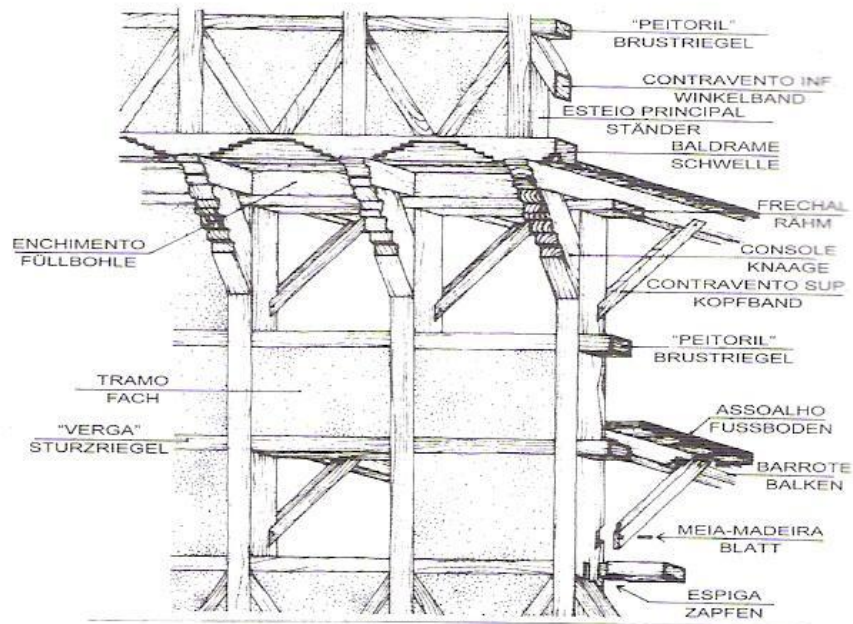


Figura 5: detalhamento dos diferentes estilos de Enxaimel desenvolvidos – sistema construtivo baixo-saxão (WEIMER, 2005, p. 68)

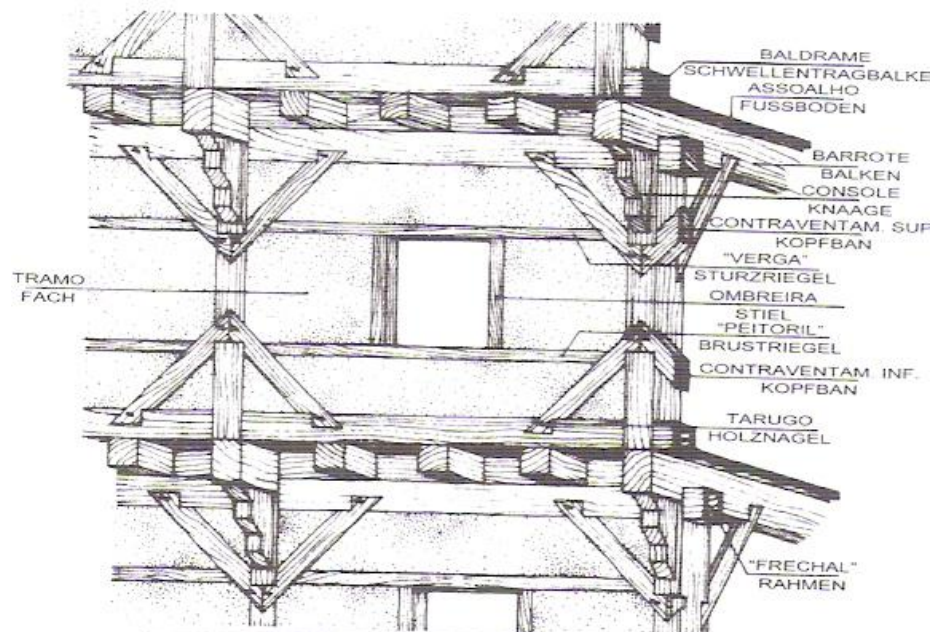


Figura 6: detalhamento dos diferentes estilos de Enxaimel desenvolvidos – sistema construtivo alemânico (WEIMER, 2005, p. 69)

### 3.1 PROCESSO CONSTRUTIVO

O processo construtivo utilizado pelos imigrantes recém chegados ao Rio Grande do Sul, era executado no sistema de mutirão no qual a família e outras pessoas da comunidade participavam ativamente na edificação das casas. Segundo relato obtido por Weimer (2005, p. 174), eles procediam da seguinte maneira: o proprietário do terreno contratava duas pessoas para auxiliá-lo na construção da casa. Um era pedreiro e o outro carpinteiro. Enquanto o pedreiro ficava responsável pela obtenção, transporte (geralmente de um lugar próximo) e construção das fundações em pedra, o carpinteiro orientava o proprietário na escolha da madeira, nas condições propícias para o corte e secagem das peças. A sincronia de ações era importante, pois no momento que o pedreiro terminava a fundação, as madeiras já deveriam estar prontas para que o carpinteiro pudesse entrar em ação, realizando os cortes e encaixes necessários para a montagem dos panos de parede. Essa era a etapa mais complexa e exigente do processo, pois demandava que os construtores fossem seguindo os sinais de runa (tratava-se de um duplo sistema de numeração composto de um número romano que indicava a posição da peça dentro do tramo e um sinal que marcava qual era o pano de parede que estava sendo montado, figura 7) e levantando a parede peça após peça. Existem outras informações e versões a respeito desse procedimento (WEIMER<sup>3</sup>, 2005, p. 366) de que os panos seriam montados inteiros no chão e depois levantados pelos homens da vizinhança no sistema de mutirão. Mas de acordo com Weimer (2005, p. 176), essa hipótese não seria compatível com o grau de evolução tecnológica daquele tempo. Segundo Weimer (2005, p. 366), “Foram encontradas diversas evidências de que esse não era o procedimento usual.”.

Enquanto o carpinteiro se ocupava da estrutura dos tramos, a família e proprietário se encarregavam da moldagem e queima dos tijolos que serviriam para o preenchimento dos mesmos. A queima era feita de forma rústica e artesanal num forno improvisado, feito em um buraco no chão ali mesmo no local da obra (WEIMER, 2005, p. 175).

---

<sup>3</sup> O autor cita duas obras como referência dessas informações, a primeira de Hugo Ebinghaus. **Der Hochbau**. Nordhausen am Harz: Heinrich Killinger, 1939 e a segunda, sem referência de data, de Jürgen Schneider. **Am Anfang die Erde**: Sanfter Baustoff Lehm. Köln: Rudolf Müller Verlag. s.d.

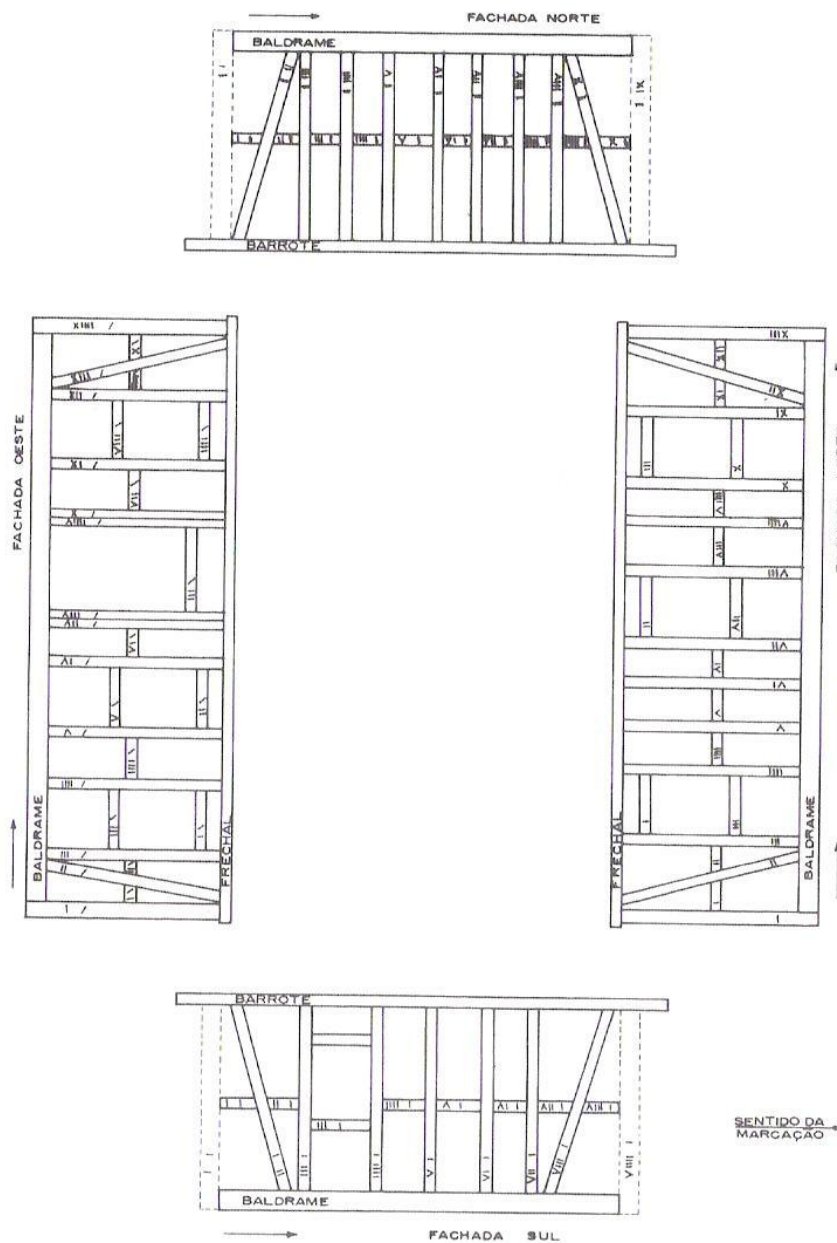


Figura 7: desenho no chão com sinais de runa realizado pelos carpinteiros para a montagem das paredes (WEIMER, 2005, p. 91)

Outro aspecto importante a se destacar no processo construtivo da casa era a não utilização de pregos na estrutura de enxaimel e tampouco na fixação de outros elementos construtivos como: forro, piso, esquadrias e escadas, onde sistemas de encaixes foram largamente utilizados (figura 8). A interpretação para esse comportamento dos colonos estaria relacionada a uma forma de ignorar o efeito da industrialização em suas vidas, uma vez que esta foi uma das principais responsáveis pelo êxodo de imigrantes em busca de novas terras e condições de subsistência para suas famílias (WEIMER, 2005, p. 177).

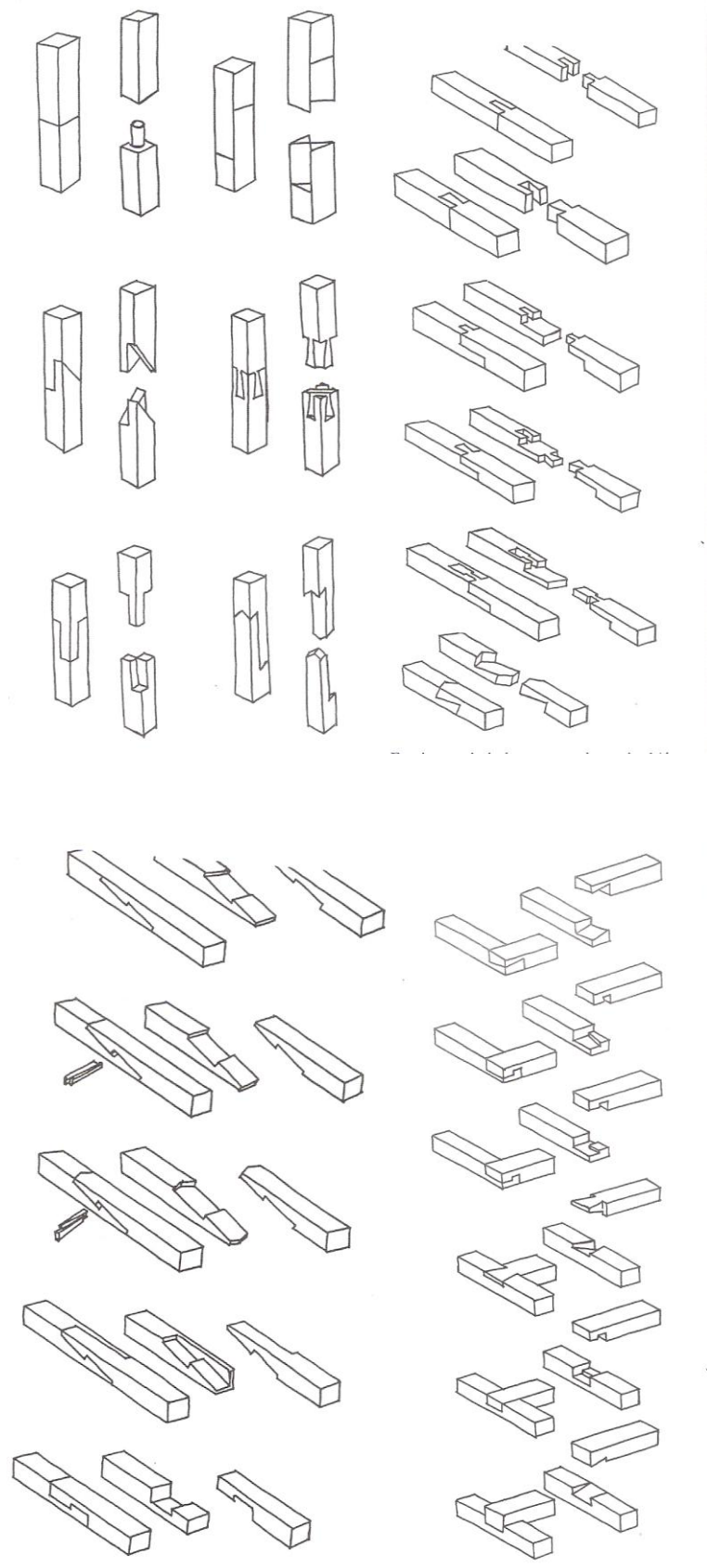


Figura 8: detalhe dos diversos tipos de encaixe verticais e horizontais desenvolvidos  
(WEIMER, 2005, p. 283-286)

### 3.2 ADAPTAÇÃO ÀS NOVAS CONDICIONANTES AMBIENTAIS

O imigrante recém chegado ao Rio Grande do Sul manteve a técnica construtiva que tinha aprendido no país de origem, pois encontrou a condição propícia que não tinha mais na Europa: abundância de madeira. Com isso, por todo o século XIX, quase todas as edificações construídas eram de Enxaimel. O imigrante teve que se adaptar rapidamente a uma nova realidade para sobreviver, uma vez que o clima e as condições sociais e econômicas eram totalmente distintas das que usufruíam no país de origem, e com isso tiveram que adaptar habilmente, a sua forma arquitetônica às novas condicionantes ambientais (WEIMER, 1977, p. 59).

Weimer (2005, p. 361) caracteriza essa adaptação da seguinte forma "[...] apesar das origens diversas, o enxaimel evoluiu no sentido de uma integração das formas. O meio para conseguir-lo foi a simplificação que se impôs, não como uma meta planejada, mas condicionada pelas circunstâncias da vida."

Weimer (2005, p. 359) salienta que se for feita uma comparação entre o Enxaimel realizado na Alemanha com o executado no Rio Grande do Sul, se conclui que houve uma sensível simplificação e integração entre os vários estilos construtivos existentes. Conclui que foram as diferentes realidades de cada local, as responsáveis pela adoção de diferentes formas do Enxaimel original, conforme sua necessidade e disponibilidade de material.

Por outro lado, existe outro tipo de adaptação que é realizada, não mais pelos imigrantes e sim pelos descendentes destes, que também deve ser considerada e refletida. Existe atualmente uma tendência a banalização da técnica Enxaimel pelas municipalidades com o objetivo de desenvolvimento turístico, para fomentar a economia destas Regiões. Mas é necessário que se realize isso com critério e distinção. Tendo em vista esses fatores e valores abordados, Volkmer (1999, p. 190) nos convida para a seguinte reflexão:

Características próprias do lugar e da região não são estudadas, analisadas, pesquisadas. A imagem natural da região parece não ser valorizada. Os materiais existentes na natureza do lugar, como as rochas, a madeira, a vegetação e a paisagem cultural deixam de ser consideradas nas propostas do espaço, construído, da arquitetura. As imagens construídas pelo homem, valorizando seu meio ambiente cultural, não tem sido consideradas, de modo geral, como valores maiores pelos empreendedores municipais, pelos formadores de opinião na política de apoio ao turismo.

Esta arquitetura de imitação desnuda o uso de tábuas, ripas, sarrafos, guias, simplesmente fixadas sobre rebocos, passando a dar a aparência das milenares estruturas do sistema construtivo germânico. Vez por outra, simples pinturas sobre alvenarias externas de fachadas de gigantescos edifícios de apartamentos, de rodoviárias, de prefeituras, de postos de gasolina, de pavilhões industriais, de lojas de departamentos, de supermercados, de ginásio de esportes e salões de festas populares procuram imitar o desenho e a composição do enxaimel. Pobre concepção estética e falta de criatividade, bem como escasso repertório de linguagens arquitetônicas, reduzem a contribuição cultural da arquitetura destas regiões, municípios, cidades, a um reducionismo vulgar de cópias mal adaptadas às suas funções. Um desserviço, talvez, à produção do espaço habitado no Brasil, ou seja, à produção de arquitetura. Tal produção cultural deveria cumprir o papel de gerar conhecimento, de produzir cultura.

É preciso uma acentuada dedicação coletiva com o objetivo de produzir cultura, buscando a superação das contradições entre o falso e verdadeiro, entre imitação e o autêntico. Indispensável é a busca da identidade própria de valores culturais de cada região do Brasil, de cada lugar, de cada sítio.

É necessário olhar a nossa Arquitetura, a partir dos valores da cultura brasileira. Indispensável é olhar a cultura alemã, segundo o ponto de vista da Alemanha. A cópia é um gesto fácil. A imitação não agrega valor cultural. A arquitetura produzida aqui deve resultar de um gesto de integração entre as artes, de integração dos projetos com as obras, da arte com a técnica, da economia com a sensibilidade plástica, dos condicionantes ambientais com nossos valores culturais.

#### 4. MATERIAIS UTILIZADOS NA TÉCNICA ENXAIMEL

Os materiais utilizados para a edificação do sistema Enxaimel variavam conforme a disponibilidade de cada localidade (seja na Europa ou mesmo nas obras realizadas no Rio Grande do Sul). O que se pode afirmar é que a madeira e a fundação de pedras estavam presentes em todos os casos (figura 9) e o que variava bastante era o tipo de material utilizado para o preenchimento dos quadros ou tramos da estrutura.

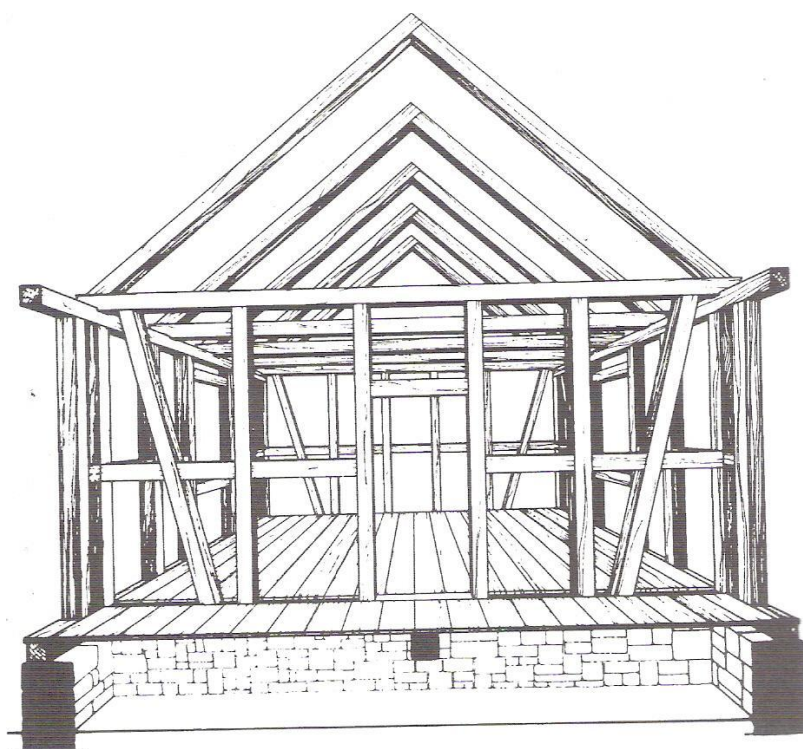


Figura 9: perspectiva da fundação de pedra e da estrutura em madeira presentes em toda construção de Enxaimel (WEIMER, 2005, p. 212)

Nos próximos itens são listados os materiais utilizados na edificação das obras em Enxaimel, no seu formato mais geral, tanto na sua estrutura, como também no material escolhido para preenchimento dos seus quadros.



## 4.1 FUNDAÇÕES

As fundações no Rio Grande do Sul eram construídas, em sua grande maioria em pedra de arenito aparelhada existente em quase todas as regiões ocupadas pelos imigrantes (WEIMER, 1977, p. 59). A pedra de arenito aparelhada foi escolhida pelos imigrantes pela sua facilidade de ser trabalhada e esculpida (WEIMER, 2005, p. 377), com larga utilização e uso na construção das fundações, apesar de não impedirem a absorção de umidade, por ser muito porosa, o que pode conduzir a ocorrência de patologias associadas a esta absorção de umidade com o tempo, entre o solo e os tramos do Enxaimel, além de servir para descarregar as cargas da estrutura para o solo.

## 4.2 MADEIRA

A madeira mais utilizada na Alemanha para construção em Enxaimel era o carvalho, chamado de madeira dura ou de lei. Mas como o carvalho cresce muito lentamente, precisando mais de 200 anos de espera para o seu corte (KLOCKNER<sup>4</sup>, 1974 apud WEIMER, 2005, p. 66) ele foi sendo extinto e substituído pelas madeiras de abeto (*Fichte*) e de faia (*Buche*) (WEIMER, 2005, p. 66).

Segundo Ihering<sup>5</sup> (1885 apud WEIMER, 2005, p. 366) devido ao grande número de madeiras com diferentes características (uma grande parte delas já extintas), muito maior do que o reduzido número encontrado na Alemanha, os imigrantes tiveram grandes dificuldades para identificá-las e utilizá-las de maneira correta. Mas, com o tempo e a prática, esses primeiros problemas foram sendo superados.

## 4.3 BARRO

Segundo Minke (2001, p. 43), é necessária experiência para obter um material de construção a partir de um solo argiloso. Não é uma tarefa simples, pois sua mistura adequada depende do

---

<sup>4</sup> KLOCKNER, Karl. **Alte Fachwerkbauten**. MÜNsche: Callwey, 1974.

<sup>5</sup> IHERING, Hermann Von. **Rio Grande do Sul**. Gera: Richard Lesser und Richard Aberlander, 1885.

tipo do solo, de sua consistência e da aplicação que se queira dar. Um solo úmido e solto, com baixo conteúdo de argila e alto conteúdo de areia, pode ser utilizado diretamente para a construção de uma parede de taipa, por exemplo. Torrões de terra com alta concentração de argila, não podem ser utilizados como material de construção. Estes devem ser dissolvidos e triturados em água, para que se diminua o conteúdo de argila com a adição de areia na mistura.

O barro foi a técnica mais tradicional para o preenchimento dos tramos do Enxaimel, devido a sua abundância e facilidade de ser encontrado e utilizado. Mas sua aplicação não era tão simples, porque devido a sua elasticidade depois de seco ele retraía. Isso fazia aparecer fissuras e dificuldades no acabamento. Em decorrência disso, o barro era sempre associado com fibras e diversos materiais que diminuía a sua elasticidade (WEIMER, 2005, p. 102). Também não é utilizado o solo da superfície, pois esse é rico em matéria orgânica, de modo a acelerar a deterioração de estruturas que o utilizem.

#### 4.4 ADOBE

Segundo Minke (2001, p. 72), denomina-se adobe os blocos de barro produzidos a mão em moldes preenchidos com barro e secados ao ar livre. O adobe é descrito da seguinte maneira por Santucci (2008, p. 6):

Há o adobe, que são blocos de terra crua moldados em fôrmas por processo artesanal ou semi-industrial. Secos naturalmente, seu processo de fabricação não acarreta em desmatamento, nem emissão de gás carbônico na atmosfera como os tijolos cozidos. Podem conter outros materiais e substâncias em sua composição para melhorar seu desempenho, o que deve ser equilibrado com as quantidades de areia e argila presentes no solo. Em certos casos, utilizam-se fibras vegetais para conter sua retração.

O adobe não foi empregado em edificações na Alemanha. Weimer (2005, p.105) dá a seguinte interpretação para a ocorrência desse interessante fenômeno:

A técnica do “adobe” é uma das formas de emprego do barro mais antigas que se conhece. Na Mesopotâmia e no Egito era empregada há mais de sete mil anos. Por isso, é de se estranhar que a técnica tivesse sido tão pouco empregada na Alemanha. Provavelmente isso se deve às condições ergológicas da construção. Como o adobe precisa ser curado ao sol, a época ideal para a sua produção seria o verão. Ora, essa época é que exige o máximo de tempo na dedicação à agricultura enquanto que a

época da disponibilidade de tempo para a construção era a que correspondia às entressafras. Então, virtualmente, não havia mais sol. Isso talvez explique a razão pela qual uma técnica tão antiga tivesse pouco trânsito na Europa Central.

Diante disso, pode-se concluir que por eles não terem o domínio dessa técnica, não foram feitas muitas edificações desse tipo pelos colonos recém chegados ao Rio Grande do Sul, o que seria uma excelente combinação, pois aliaria a técnica Enxaimel, com a possibilidade de produzir adobe num clima favorável: ensolarado e mais quente que o da Europa, fato que facilitaria e melhoraria o seu uso.

#### 4.5 TAIPA

A taipa é a técnica mais tradicional para a construção de paredes em todos os continentes do mundo. Existem evidências de sua utilização que datam do ano 5.000 a.C. A técnica consiste em preencher uma forma (geralmente de madeira), com camadas de terra de 10 a 15 cm compactando-as por compressão (usualmente com pisadas). As formas são compostas por duas tábuas em paralelo e unidas por um sarrafo de madeira, conforme figura 10 (MINKE, 2001, p. 60).

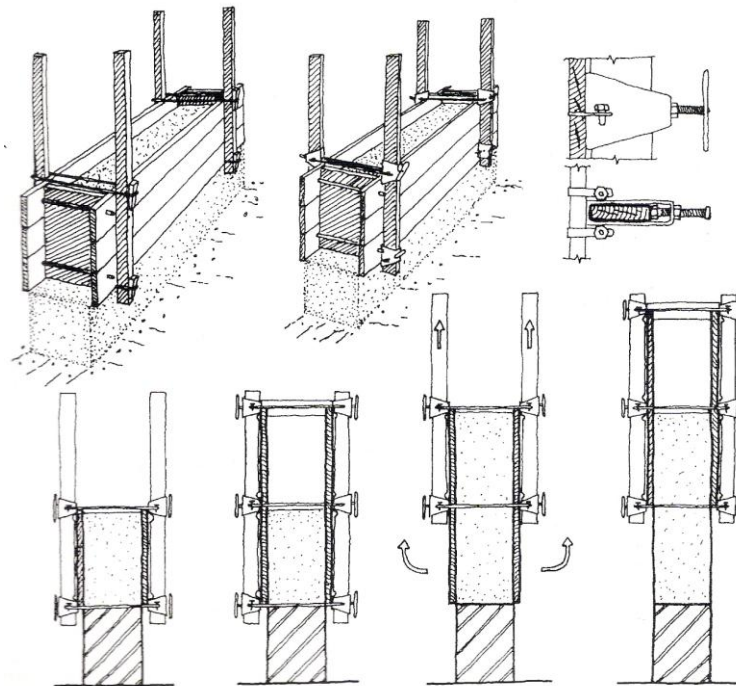


Figura 10: exemplo de taipa e detalhe de sua forma ascendente (MINKE, 2001, p. 60)

A técnica tradicional de taipas é utilizada, atualmente, nos países em desenvolvimento. Sistemas de formas mais sofisticados e uma compactação mediante a utilização de compressoras pneumáticas, reduzem os custos em mão de obra sensivelmente, fazendo com que essa técnica seja também uma opção interessante para países mais industrializados. Esta tecnologia mecanizada para executar paredes de taipa, em relação à construção convencional com tijolos, é uma alternativa viável não só do ponto de vista ecológico, como também econômico, especialmente em países do Terceiro Mundo, onde por razões climáticas existe grande necessidade de isolamento térmico (MINKE, 2001, p. 60). O Enxaimel também utilizou essa técnica de aplicação para a edificação de suas paredes, que em sua forma mais comum era conhecida como **taipa de sopapo** e de forma menos corrente também foi utilizada a **taipa de pilão** (WEIMER, 2005, p. 102-103).

Com a experiência adquirida foram se desenvolvendo com o tempo, variadas soluções derivadas da taipa tradicional, algumas delas integradas com a técnica Enxaimel para a construção e combinação dos tramos de madeira, com porções de barro justapostas em camadas. Dentre as quais se podem destacar a do rolo de barro e palha (*Wickelstaken*, figura 11) e a do pão de barro (figura 12).

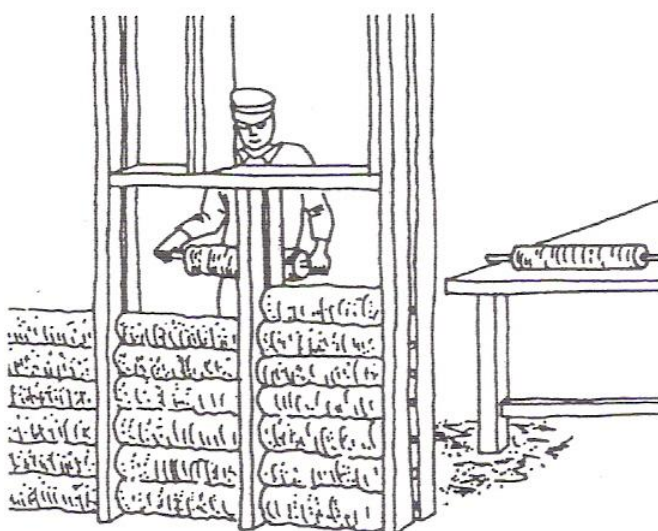


Figura 11: enchimento de um tramo de Enxaimel pela técnica de rolo de palha e barro (MINKE, 2001, p. 101)

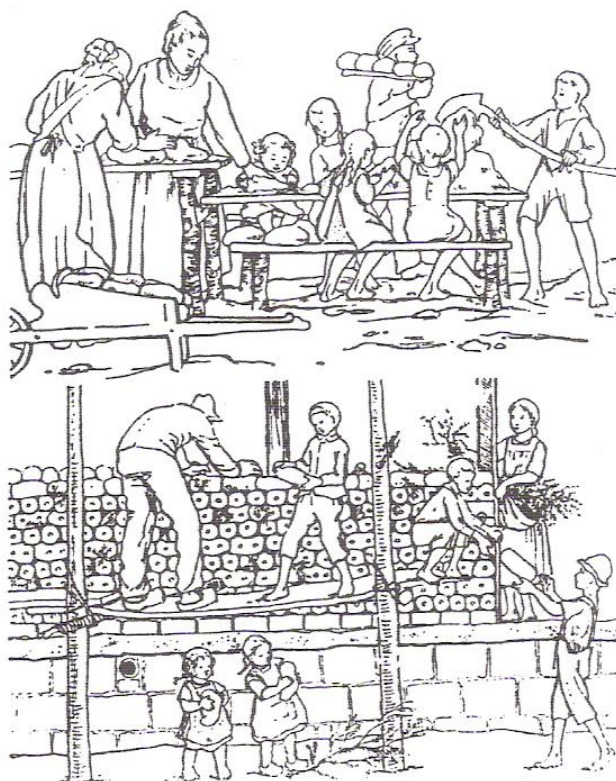


Figura 12: técnica do pão de barro (MINKE, 2001, p. 90)

#### 4.6 PEDRA

A pedra utilizada para o preenchimento dos tramos era uma alternativa pouco viável devido ao seu elevado custo na Europa. Geralmente eram utilizados arenitos e rejunte de argamassa de barro, em locais perto de pedreiras, onde sua larga utilização se justificaria (WEIMER, 2005, p. 105).

Nas colônias do Rio Grande do Sul, foram utilizadas largamente como fundações, já como preenchimento/vedação somente em locais que possuíam grandes quantidades de pedras próximas ao local da obra, que não seriam transportadas em grandes distâncias, circunstância que sempre inviabilizava o seu uso mais corrente.

## 4.7 TIJOLO

De acordo com Weimer (2005, p. 105) o tijolo só começou a ser utilizado em larga escala na Alemanha a partir do século XVIII e ainda assim produzido de forma artesanal. Somente no século XX o tijolo foi totalmente aceito, pois os construtores alemães não gostavam de trabalhar com produtos artificiais, dando preferência à madeira e à pedra, que eram naturais (WEIMER, 2005, p. 68). Da mesma maneira, procediam os imigrantes no Rio Grande do Sul, que construíam um forno artesanal, fazendo um buraco no chão e realizando a queima e produção de tijolos que atendesse às suas necessidades (WEIMER, 2005, p. 175).

## 4.8 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

A argamassa de assentamento por ter como sua matéria prima o barro, deve observar as mesmas propriedades referentes ao controle de sua retração, expansão e composição química. Devem ser realizados testes expeditos nessa argamassa de assentamento para aferir sua composição e testar os seus traços. Pode-se utilizar aditivos e tratamentos especiais que melhoram suas características, garantindo uma aplicação mais eficiente (MINKE, 2001, p. 60).

## 4.9 REVESTIMENTO

Segundo Weimer (2005, p. 103) quando se realizava a técnica de taipa para o enchimento dos tramos de Enxaimel, essa produzia uma superfície muito irregular e por isso era deixado um desnível entre ela e o madeiramento do Enxaimel. Depois de seco, era aplicada uma fina camada de barro nesse espaço (nos seus dois lados), que regularizava essa superfície. Durante muito tempo esse era o acabamento final das paredes, contudo foi se descobrindo que uma aplicação de cal nesse revestimento aumentava tanto a sua qualidade, como também sua resistência a rachaduras (WEIMER<sup>6</sup>, 2005, p. 103).

---

<sup>6</sup> O autor cita como referência dessa informação, sem informar a data, a obra de Jürgen Schneider. *Am Anfang die Erde: Sanfter Baustoff Lehm*. Köln: Rudolf Müller Verlag. s.d.

## 5. PRESSUPOSTOS SUSTENTÁVEIS

Pressupostos sustentáveis são os aspectos condicionantes ambientais que auxiliam na obtenção de práticas e ações mais sustentáveis, dentre eles podem-se destacar:

- a) gerenciamento racional dos recursos naturais, com sua integração junto aos projetos;
- b) utilização de materiais, recursos e mão de obra locais;
- c) redução de distâncias percorridas com transporte;
- d) redução de perdas.

Segundo Mülfarth (2004, p. 30-32) metas sociais devem ser alcançadas em conjunto com metas ambientais:

Metas sociais e ambientais a serem atingidas em um projeto são cada vez mais presentes. Segundo o Rocky Mountain Institute, os principais elementos do "desenvolvimento verde" seriam: responsabilidade ambiental, eficiência na utilização dos recursos disponíveis, sensibilidade cultural e comunitária e integração da ecologia nos empreendimentos imobiliários. Os principais benefícios decorrentes destas práticas seriam: redução dos custos de investimento e de operação, imagem e diferenciação do produto, redução dos riscos, mais produtividade e saúde, novas oportunidades de negócios e satisfação de estar fazendo a coisa correta.

Nos próximos itens serão apresentados os conceitos de sustentabilidade, edificações sustentáveis e bioarquitetura.

### 5.1 SUSTENTABILIDADE

De acordo com Mülfarth (2004, p. 30-32) a sustentabilidade é um processo contínuo de busca por uma arquitetura, comportamento e hábitos que resultem em atividades de menor impacto ambiental. Podem-se destacar etapas que devem ser respeitadas para a obtenção desses objetivos. Esses níveis de sustentabilidade podem ser divididos em três partes:

- a) a primeira estaria voltada para os aspectos das edificações, com suas soluções construtivas e materiais empregados;
- b) a segunda se preocupa com o entorno da edificação, os aspectos da vegetação, qualidade do ar, transporte e comunidade afetados;
- c) a etapa final está relacionada com a integração de todos esses aspectos mencionados, com uma mudança de mentalidade e de hábitos que propiciem um estilo de vida mais sustentável.

Segundo Gibberd<sup>7</sup> (2003 apud SATTLER, 2007, p. 22) sustentabilidade e desenvolvimento sustentável podem ser definidos de forma sucinta da seguinte maneira, “Sustentabilidade é viver dentro da capacidade de suporte do planeta e desenvolvimento sustentável é aquele desenvolvimento que conduz à sustentabilidade.”.

## 5.2 EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS

De acordo com Sattler<sup>8</sup> (2007, p. 43), uma série de estratégias devem ser adotadas no processo do projeto, para que a escolha dos materiais de construção conduza a um desempenho ambiental adequado em edificações sustentáveis. Ainda de acordo com esse autor essas estratégias podem ser compiladas de forma a produzirem as seguintes diretrizes gerais para a escolha dos materiais de construção em se tratando de edificações sustentáveis:

- a) utilizar produtos com baixo custo e nível de industrialização, por exemplo, adobe, tijolos e telhas cerâmicas, taipa, madeira de reflorestamento, palha e bambu;
- b) procurar não utilizar materiais tóxicos para conservar a edificação;
- c) reduzir o uso excessivo de produtos à base de cimento e os derivados do petróleo como plásticos, por exemplo;
- d) maximizar o uso de materiais de construção existentes no local do empreendimento, dando preferência por materiais duráveis que necessitem de pouca reposição e manutenção;

---

<sup>7</sup> GIBBERD, J. Integrating sustainable development into briefing and design processes of buildings in developing countries: an assessment tool. 2003. Doctorate Thesis. Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, University of Pretoria, South Africa, 2003.

<sup>8</sup> O autor cita como fonte dessas estratégias o EBN-*Environmental Building News*, 1995.



- e) buscar utilizar técnicas construtivas que fomentem a mão de obra e economia local.

### 5.3 BIOARQUITETURA

A bioarquitetura tem os seguintes conceitos segundo Santucci (2008, p. 6):

São construções que utilizam materiais naturais, do local e clima. Telhados com vegetação, cuidado intenso na conservação e utilização de energia, gerando construções que causem o mínimo impacto ambiental possível. É importante usar a climatização passiva na arquitetura e técnicas simples para facilitar o trabalho dos executores, sem conhecimentos complicados. É aproveitado o passivo dos recursos naturais – iluminação natural, ventilação e microclimas – junto com a obtenção da eficiência energética do lugar. O Brasil é rico neste aspecto, pois é um país ensolarado. A bioarquitetura considera não apenas seus aspectos técnicos, mas analisa toda a cadeia produtiva ao qual perpassam, desde a extração e o manejo da matéria-prima até as distâncias percorridas em seu trajeto, os processos de transformação e incorporação de substâncias, a durabilidade, degradação e sua reintegração à natureza. Analisando o ciclo de vida dos materiais, obtêm-se dados sobre os impactos que causam à natureza e à saúde humana, sendo possível tomar decisões conscientes e comprometidas com o meio ambiente e com as gerações atuais e futuras.

Adicionalmente Mülfarth (2004, p. 30-32) acrescenta as seguintes definições:

Esta "Nova Arquitetura" – Ecológica, Verde, Sustentável, de Baixo Impacto Ambiental – deve não só minimizar os impactos gerados no Meio Ambiente, mas principalmente integrá-la aos ciclos naturais da biosfera de forma a criar efeitos positivos, sendo um agente renovador, reparador e restaurador. Além disso, a Arquitetura tem o papel de manter e gerar o bem-estar da sociedade, promovendo meios de garantir a satisfação dos aspectos sociais, culturais e econômicos.

## 6 A EDIFICAÇÃO ESTUDADA

A edificação estudada, que serviu como parâmetro para realização deste trabalho, está localizada no Município de Nova Petrópolis-RS, próximo a BR 116, na localidade denominada de Recanto do Sossego (Rua das Flores, 224). Trata-se de uma residência unifamiliar, com aproximadamente 467 m<sup>2</sup> de área construída em 2 pavimentos mais o porão e com orientação solar para o Sul. A sua construção teve início em agosto de 2008 com os serviços de aterro, muro de arrimo e fundações, sem interrupções, até seu término em junho de 2011. As figuras 13 e 14 mostram a planta baixa da edificação<sup>9</sup> que foi objeto de estudo para identificação das suas áreas e ambientes construídos.

Por apresentar como diferencial o resgate da técnica Enxaimel aliando-a com práticas sustentáveis e de habitabilidade, ela foi escolhida como objeto de estudo, inclusive sendo visitada por alunos do Professor Miguel Sattler, na disciplina que ele ministra sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Entre essas características diferenciadas pode-se destacar:

- a) sistema Enxaimel;
- b) madeira de demolição;
- c) preenchimento das paredes com alvenaria de tijolos cerâmicos e argamassa de barro com esterco;
- d) paredes (Térreo) duplas e vidros duplos em todas as esquadrias;
- e) aproveitamento de água da chuva;
- f) utilização de Energia Solar (painéis).

Os dois últimos itens da lista foram citados apenas como informação, pois não serão objeto de estudo do presente trabalho, que terá como foco ilustrar como foi combinado o sistema Enxaimel com a alvenaria de tijolos e argamassa de barro com esterco.

---

<sup>9</sup> Projetos da Arq. Karin Brakemeier.

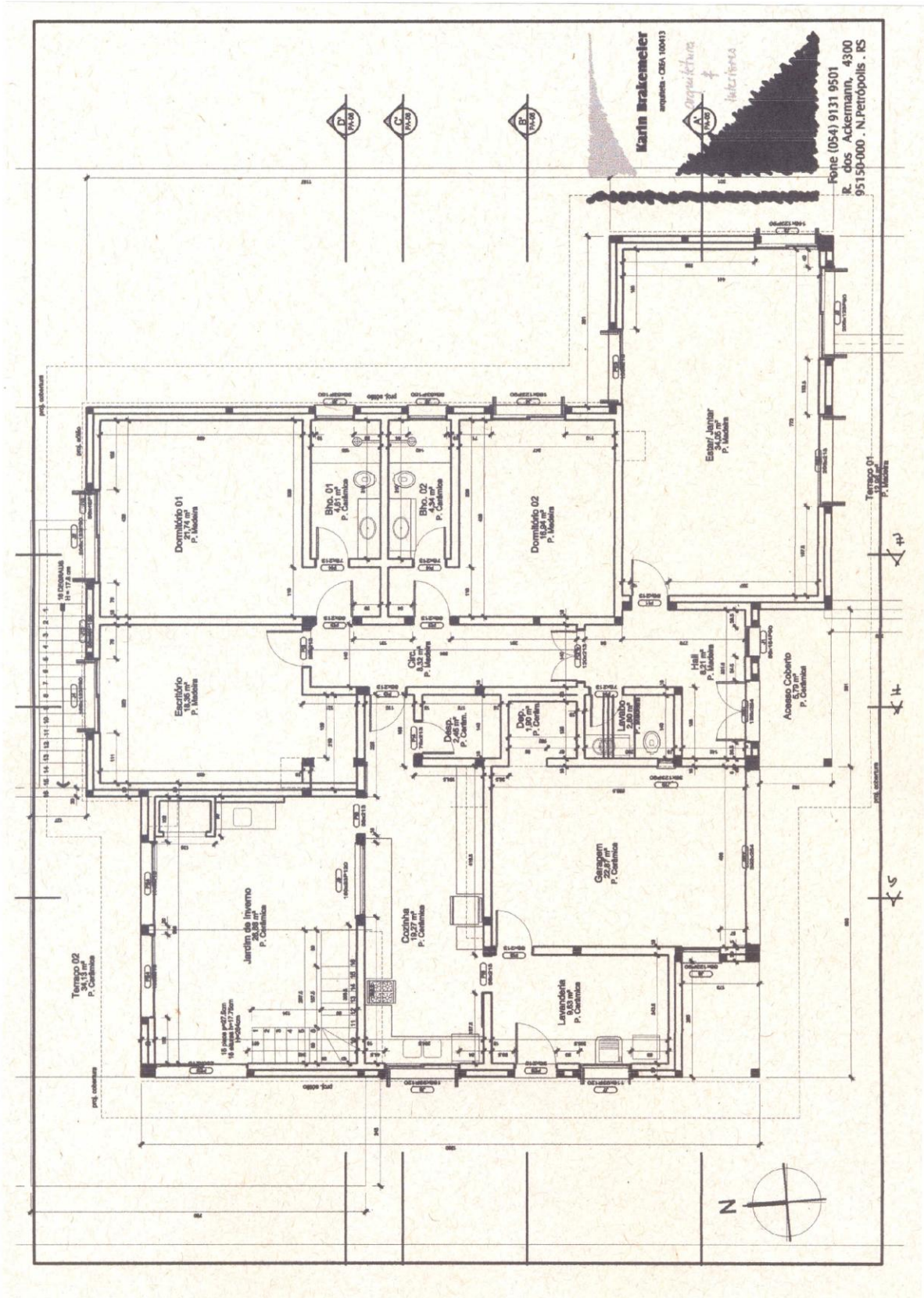


Figura 13: planta baixa primeiro pavimento

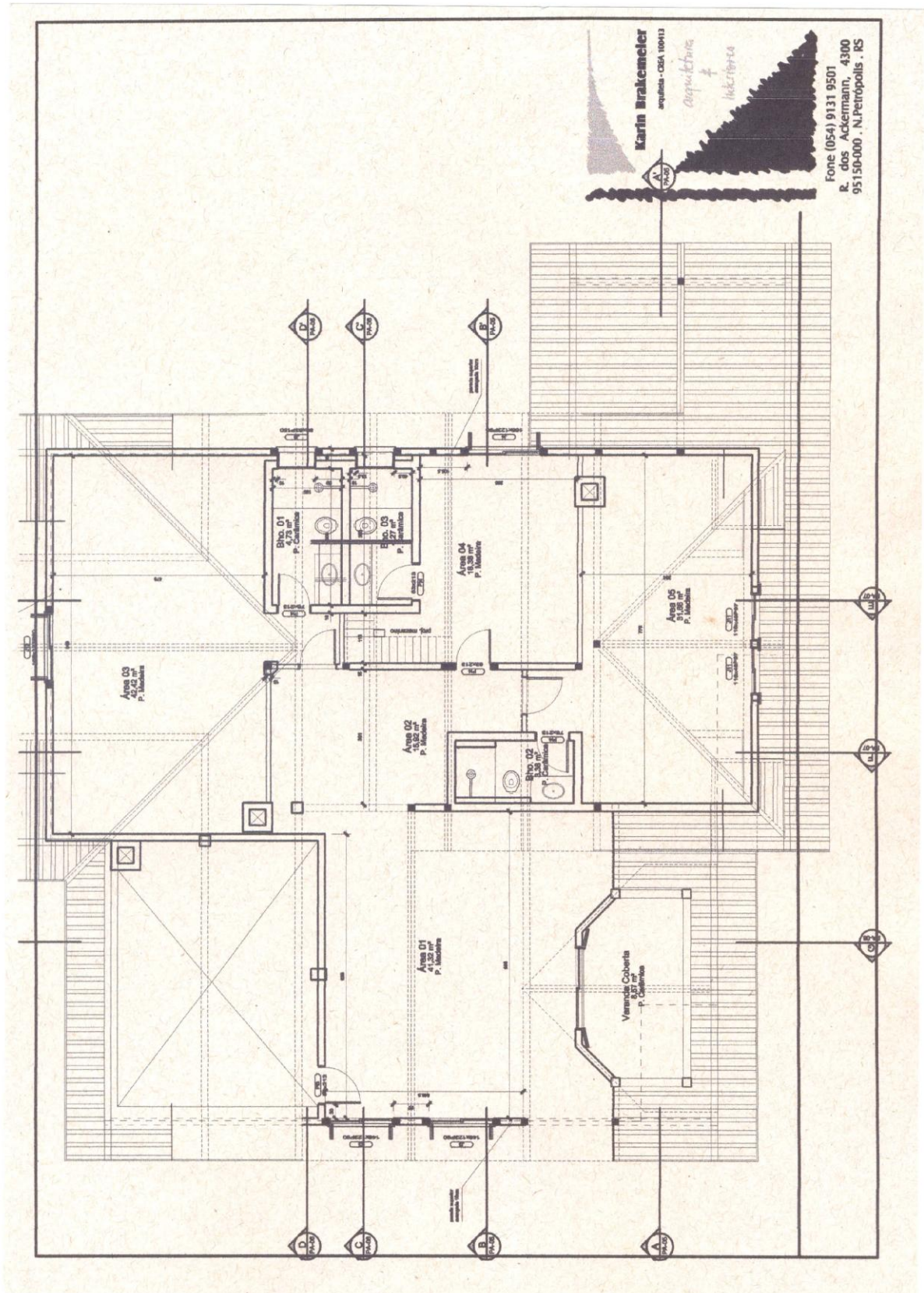


Figura 14: planta baixa sótão (pav. 2)

Para isso, foi realizado o acompanhamento da obra, através de visitas, análise de fotos e entrevistas com os profissionais envolvidos no projeto. A figura 15 mostra a edificação já no período final de sua construção (pintura e arremates).



Figura 15: fachada frontal (orientação sul) e dos fundos (orientação norte)

Nos próximos parágrafos apresentam-se os profissionais envolvidos, assim como as etapas, materiais e procedimentos utilizados na edificação do empreendimento.

## 6.1 A PROJETISTA E EXECUTANTE

A obra teve como idealizadora, projetista e executante a Arq. Karin Brakemeier. Graduada pela UFRGS em 1998, ela sempre se interessou pela técnica Enxaimel. Aprofundou seus conhecimentos (sempre de maneira autodidata) quando passou um período na Alemanha, onde pôde conhecer vários exemplos de edificações nesse estilo. Conseguiu encontrar livros e material sobre o assunto, sendo que sua fluência no idioma alemão possibilitou que potencializasse seus estudos. Teve ainda a oportunidade de aliar seus conhecimentos teóricos com a prática, quando adquiriu, uma casa em Enxaimel original (construída pelos imigrantes, figura 16). Essa casa vinha sendo utilizada como um armazém em uma localidade no interior de Nova Petrópolis-RS quando foi desconstruída, transportada e reconstruída peça por peça em outro local, servindo hoje como sua residência.



Figura 16: propriedade da Arq. Karin Brakemeier em Enxaimel original

Para realização deste trabalho, foi fundamental a contribuição da Arq. Karin com seu conhecimento e experiência adquiridos sobre o tema, na entrevista, e nas consultas via correspondência eletrônica sobre os materiais e procedimentos utilizados durante a obra (objeto deste estudo). Por ter, altruisticamente, liberado o acesso a obra, assim como seus projetos e estudos, para serem utilizados e publicados nesta pesquisa.

## 6.2 A EQUIPE TÉCNICA

Durante todo o período, de quase três anos de realização da obra, a equipe de profissionais envolvidos foi sempre a mesma, fato esse que contribuiu para que os objetivos e desafios fossem vencidos e para que todos criassem uma identificação com esse empreendimento. O Eng. Civil Luiz Cândido Kehl foi o responsável pelo dimensionamento de fundações, muro de arrimo, lajes e peças de concreto em geral. Também trabalhou, em parceria com a Arq. Karin, no cálculo das peças de madeira em situações estruturais mais complexas, como das vigas para grandes vãos livres, por exemplo.

A obra contou com dois mestres de obras. O primeiro era responsável pela alvenaria e argamassas, o Sr. Fabiano Lawrenz. O segundo era responsável pelos serviços de carpintaria, corte e desdobre da madeira, o Sr. Elias Paul. Como o volume de madeira era muito expressivo ainda havia um segundo carpinteiro o Sr. Gabriel Paul. A habilidade e destreza desses profissionais foram imprescindíveis para a realização desta obra

## 6.3 AS ETAPAS, MATERIAIS E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS

Todas as explicações que serão apresentadas a seguir, sobre a escolha dos materiais e procedimentos utilizados durante a obra, estão baseadas nos relatos, impressões e observações da Arq. Karin.

### 6.3.1 Delineamento e identificação das etapas construtivas

As etapas construtivas referentes à execução das paredes e dos quadros do Enxaimel foram executadas conforme a estruturação do madeiramento ia sendo edificada. Era fundamental que se comesçassem os serviços com argamassa de barro somente depois que a cobertura (telhados) estivesse instalada, pois o barro é mais sensível a lavagens e lixiviações e não pode ficar exposto a intempéries. Por isso, na primeira etapa foi dada maior ênfase para o madeiramento, e como houve muitas chuvas durante esse período, também foram realizadas algumas alvenarias dos banheiros e cozinha que foram assentadas com argamassa de cimento. Encerrada a cobertura, iniciou-se a segunda etapa constituída pela execução da alvenaria de

tijolo cerâmico com argamassa de barro e esterco. Por fim, a terceira etapa, que foi constituída dos serviços de reboco, pinturas e acabamentos. Esse delineamento das etapas construtivas pode ser melhor compreendido com a representação esquemática apresentada na figura 17.

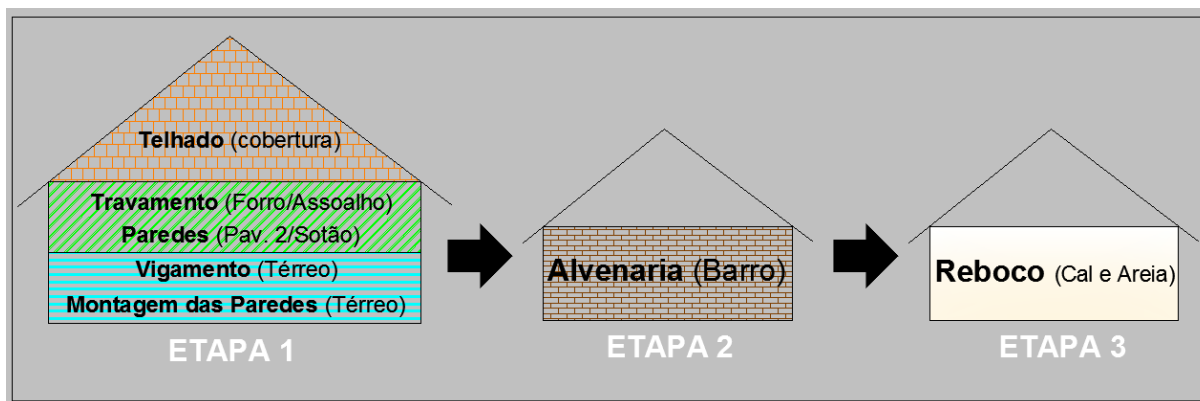


Figura 17: representação esquemática das etapas construtivas

### 6.3.2 Fundações

Foram realizadas fundações com pedra grês (arenito) e vigas de concreto armado (tamanho médio 20 cm x 40 cm). Sobre essas vigas (na parte que foi aterrada, no porão) e diretamente em solo firme na frente do terreno, foi apoiada uma laje pré-moldada de concreto LT12 (7+5 cm) com vigotas treliçadas, tabelas cerâmicas e armaduras de distribuição. Todas as linhas de pilares de madeira são apoiadas por vigas de concreto abaixo da laje. Especificamente sobre a estrutura do Enxaimel (nas paredes), os pilares de madeira apóiam sobre viga de baldrame de madeira (14 cm x 16 cm) e esta está apoiada sobre a laje, conforme pode se observar na figura 18.





Figura 18: fundações, laje e viga de baldrame de madeira<sup>10</sup>

Para dar um acabamento mais próximo ao Enxaimel original, na fundação, foram assentadas pedras de basalto sobre as pedras grês.

### 6.3.3 Madeiras

A grande maioria das madeiras utilizadas nessa obra são madeiras de demolição oriundas de São Paulo-SP. O proprietário adquiriu lotes fechados de material de demolição (também havia tijolos cerâmicos, grades de ferro e esquadrias de madeira) já com a intenção de reutilizá-los em construções futuras que viesse a empreender. Trata-se de uma quantidade massiva de madeira de diferentes tipos e espécies, mas a maioria de boa qualidade, íntegras, duras e secas. No seu uso anterior algumas dessas madeiras eram estruturas de galpões navais em Santos-SP (no lote havia pilares com 8 m e vigas com 12 m de extensão), dormentes de trilhos de trem, transversinas de fios de energia elétrica em postes de luz e várias outras utilizações. Quanto às espécies havia madeiras de peroba rosa, jatobá, ipê, cedro e muitas mais. Era uma exigência do proprietário para a projetista, que essas madeiras fossem usadas e combinadas ao máximo para a execução do empreendimento. Essa demanda exigiu muito trabalho de compatibilização e estudo da Arq. Karin durante a fase do projeto e também depois no período de execução da obra.

Foi montado um galpão na obra e instalada uma plaina industrial somente para o trabalho de preparo e desdobre das madeiras (figura 19). Depois de preparadas não era feito nenhum tipo de tratamento ou pintura anti-insetos, por elas já serem madeiras antigas e secas. Só depois de instaladas receberam o acabamento final em verniz.

<sup>10</sup> Fotos da Arq. Juliana Moehlecke.



Figura 19: galpão de preparo da madeira e madeiramento<sup>11</sup>

Nas figuras 20 e 21 mostram-se as perspectivas isométricas<sup>12</sup> do madeiramento da edificação.

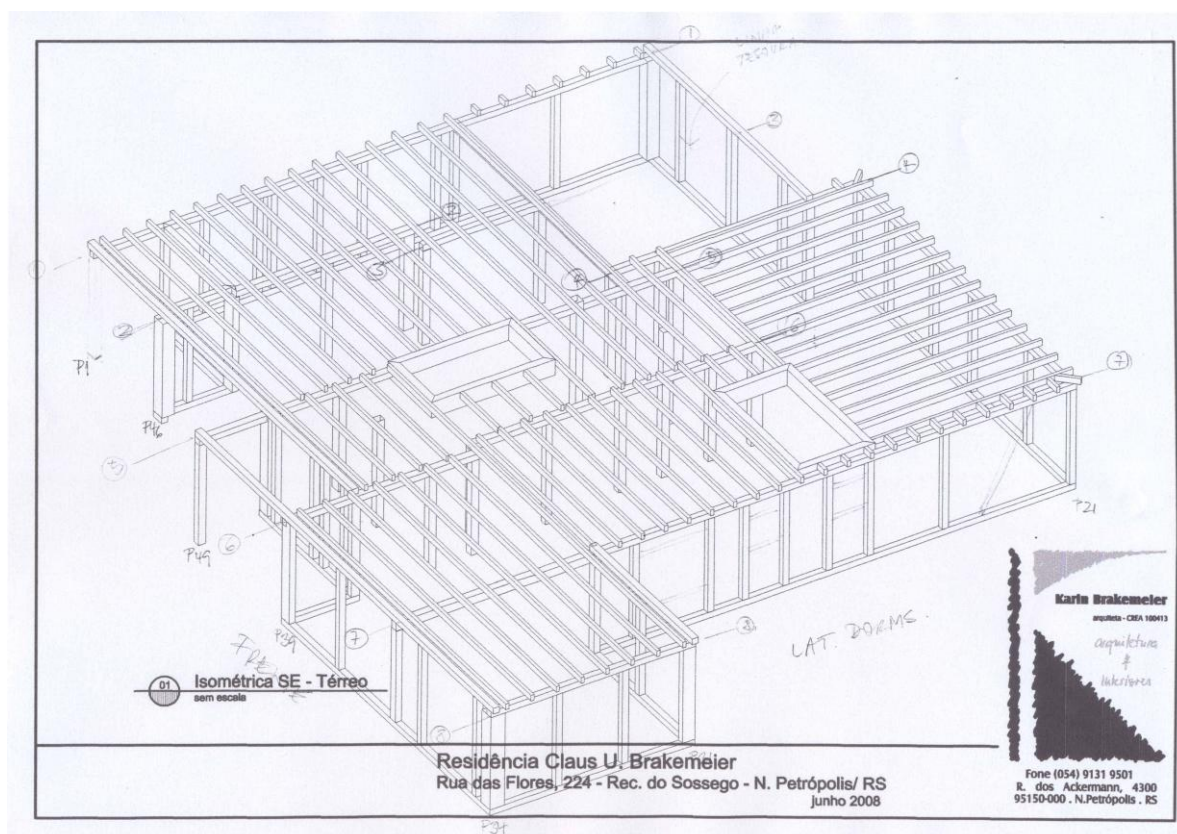


Figura 20: perspectiva isométrica do madeiramento do térreo

<sup>11</sup> Fotos da Arq. Juliana Moehlecke.

<sup>12</sup> Projetos da Arq. Karin Brakemeier.

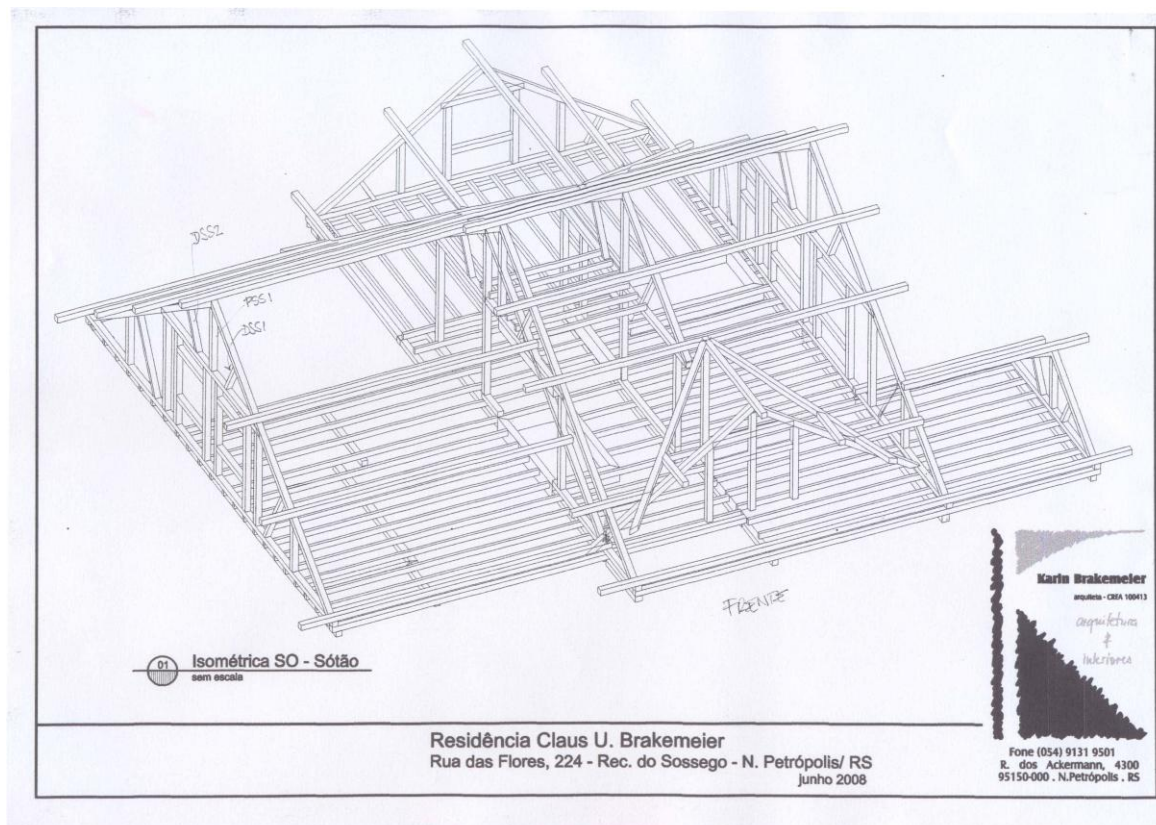


Figura 21: perspectiva isométrica do madeiramento do sótão

### 6.3.4 O Enxaimel

A casa foi construída em madeira com o sistema Enxaimel, utilizando encaixe e apoios na sua estruturação. Pregos só foram utilizados para a fixação do piso e do forro (esta é uma etapa muito importante, pois contraventa os quadros trazendo estabilidade estrutural para o sistema). Foram utilizados parafusos em alguns casos para duplar a madeira, fazendo um maior aproveitamento da madeira de demolição existente na obra. Se fosse utilizada madeira comprada por encomenda isso não seria necessário. Algumas vigas do telhado possuem reforço com chapas metálicas, pois vieram com essa solução construtiva no lote de madeiras compradas, então esse reforço foi copiado e incorporado (quando necessário) para as demais vigas com o propósito de dar uniformidade para o conjunto. A maioria das madeiras utilizadas para os quadros do Enxaimel são de peroba rosa.

Depois que ficou definido que a casa seria de Enxaimel, a Arq Karin salientou a importância de que os materiais utilizados para o preenchimento dos quadros fossem assentados com

argamassa de terra e reboco de cal e areia, sem a utilização de cimento na sua composição<sup>13</sup>. O cimento impossibilita que a madeira faça suas trocas de umidade de maneira adequada e impede a formação de um ambiente mais arejado e saudável.

Na figura 22 se apresenta os diferentes tipos de encaixes utilizados na obra.

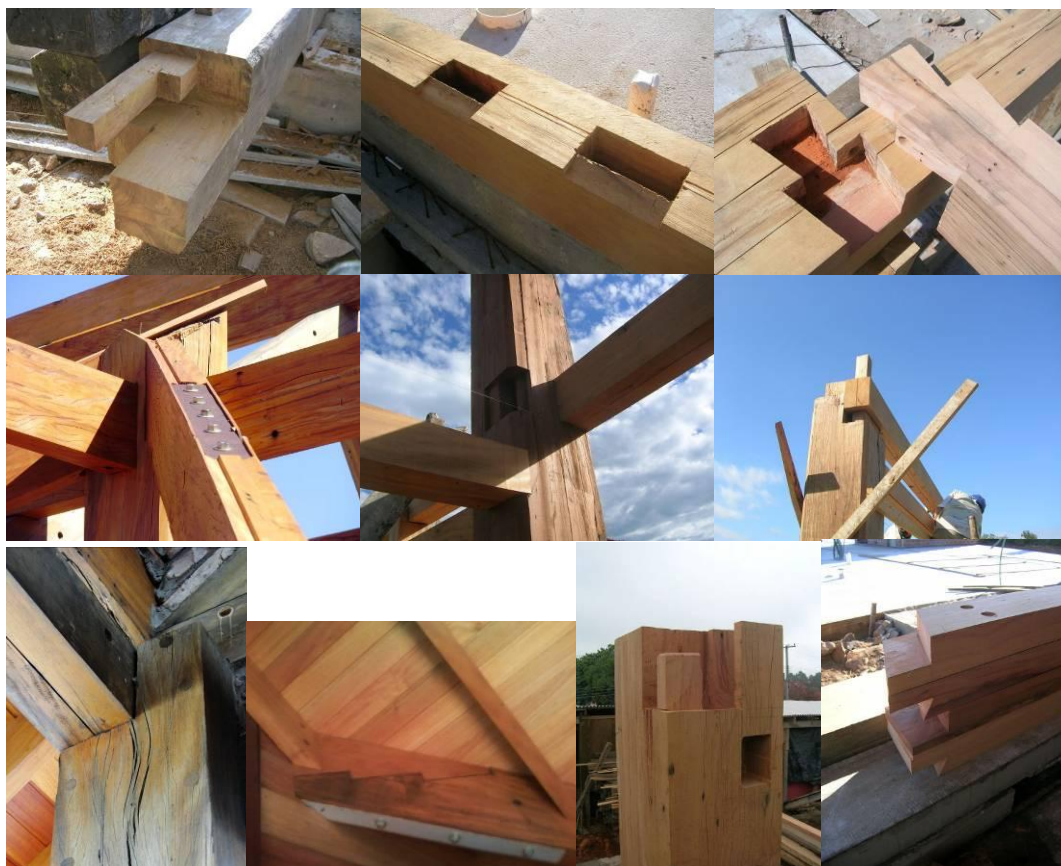


Figura 22: tipos de encaixes utilizados na obra<sup>14</sup>

Outro aspecto interessante a ser destacado, é que no projeto não havia sido colocado o contraventamento que fica abaixo das janelas chamado de Cruz de Santo André (figura 23). A projetista justifica essa escolha, porque apesar de ser um elemento muito característico do Enxaimel (sendo muito utilizado na Alemanha), não foi difundido pelos imigrantes e não é encontrado na região de Nova Petrópolis-RS. Com isso, a escora de canto de parede foi a escolhida por representar mais fielmente as edificações de Enxaimel da região. Mas durante a

<sup>13</sup> Entrevista com Arq. Karin Brakemeier em 26/04/2011. Ela cita como referência dessa informação a obra de, Georg Ulrich Grossmann: *Der Fachwerkbau: das historische Fachwerkhaus, seine Entstehung, Farbgebung, Nutzung und Restaurierung*. Köln: DuMont, 1986. 2. Auflage 1987.

<sup>14</sup> Fotos da Arq. Karin Brakemeier e da Arq. Juliana Moehlecke.

obra, veio a solicitação dos proprietários de que fosse colocada a cruz de Santo André embaixo das janelas. Quando isso ocorreu, já havia sido feito todo o madeiramento do primeiro pavimento, e como essa demanda acarretaria num imenso acréscimo de mão de obra (desmontar todo o quadro novamente para se encaixar as peças), se optou por apenas fixar as peças com parafusos. Diante disso se registra que a cruz de Santo André apresentada nessa edificação tem apenas caráter estético, sem função estrutural.



Figura 23: cruz de Santo André fora do projeto e executada<sup>15</sup>

### 6.3.5 Paredes

As paredes do térreo são duplas para dar um maior conforto térmico/acústico aos usuários. Isso foi obtido com a construção de uma parede de tijolo seis furos (também com argamassa de barro e esterco) atrás da parede de Enxaimel (figura 24). O afastamento observado entre as paredes cria uma camada de ar que isola com mais eficácia o ambiente. Já as paredes do segundo pavimento (sótão) são simples por dois motivos:

- a) não aumentar a carga no madeiramento da estrutura;
- b) muitas paredes são triangulares por serem formadas pelo oitão do telhado.

---

<sup>15</sup> Projeto da Arq. Karin Brakemeier.



Figura 24: detalhe da parede simples e dupla<sup>16</sup>

Nas paredes de Enxaimel rebocadas foi utilizado um tijolo cerâmico maciço que veio de uma olaria da cidade de Feliz-RS. Nas paredes que ficaram com alvenaria à vista foi utilizado um tijolo cerâmico maciço que veio com o lote de materiais de demolição oriundos de São Paulo-SP.

### 6.3.6 Argamassa de assentamento

Para a argamassa de assentamento, foi utilizada uma mistura com barro (terra argilosa), esterco e areia média ou grossa. Nas paredes que possuem alvenaria com tijolos à vista, a mistura foi feita com areia média para um melhor acabamento, já nas paredes que teriam acabamento com reboco foi utilizado areia grossa. Todos os procedimentos que envolveram a escolha dos materiais, preparo e lançamento dessa argamassa foram baseados nos ensinamentos do Arq. Gernot Minke, um dos mais renomados pesquisadores e construtor de edificações com terra em todo o mundo. Periodicamente ele vem ao Brasil onde ministra cursos, oficinas e palestras sobre construções com terra. A Arq. Karin participou por três vezes desses cursos (sendo que em duas oportunidades como intérprete), onde pode aprofundar seus conhecimentos sobre o tema. O mestre de obras Fabiano Lawrenz também participou do último curso para aprender a utilizar as técnicas que foram aplicadas durante a obra. Trata-se de um curso eminentemente prático, no qual o Prof. Minke convida seus

<sup>16</sup> Fotos da Arq. Juliana Moehlecke.

participantes a manusearem e realmente construírem elementos com barro, para que todos fiquem realmente familiarizados com o ponto certo da mistura.

Os materiais escolhidos para a composição da mistura foram: areia média e grossa dependendo da sua destinação, esterco que veio de propriedades rurais da região e barro. O fornecedor de barro (argila) para a obra foi uma olaria localizada no município de Feliz-RS, que também forneceu os tijolos maciços usados na execução da alvenaria.

O procedimento utilizado para a execução da argamassa foi realizado da seguinte maneira: primeiramente era feita a mistura do barro com o esterco em caixas na proporção 1:1, através de pisadas (figura 25). Antes de começar a mistura nas caixas, deve-se retirar dos materiais fibras grandes demais, pedras, bolas e grumos não dissolvidos e demais elementos estranhos que dificultam a liga dos elementos. A qualidade da argamassa produzida está diretamente ligada a uma boa mistura nas caixas, quando é também adicionado água para que o material fique agregado e coeso. O ponto certo é encontrado quando o material fica grudando no calçado dos misturadores. Feito esse processo a mistura fica nas caixas por três dias para fermentação. Depois de fermentada a mistura recebe a adição de areia na proporção 1:3 ou 1:4 (dependendo do uso e do barro utilizado) e água (se necessário). Essa mistura final é feita na betoneira quando então o material está pronto para ser usado no assentamento da alvenaria.



Figura 25: argamassa, preparo e assentamento<sup>17</sup>

Não foram realizados testes laboratoriais mais avançados para avaliar as propriedades dessa argamassa obtida, pois ela não tinha caráter estrutural, servindo apenas para preenchimento das paredes. Os testes realizados foram aqueles mais simples e céleres que podiam ser

<sup>17</sup> Fotos da Arq. Karin Brakemeier e da Arq. Juliana Moehlecke.

efetivados no canteiro de obras. Um deles é o Teste da Bola Caindo (figura 26), onde se atira uma bola da mistura sobre uma superfície e se avalia sua coesão.



Figura 26: teste da bola caindo (MINKE, 2001, p. 23)

Outro era o Teste da Retração em que a mistura era colocada em caixas (figura 27) e depois de seca se observava o quanto ela havia se desprendido do quadro (retraído). Conforme o resultado se fazia as correções necessárias (menos água ou mais fibras, por exemplo).



Figura 27: teste retração da argamassa<sup>18</sup>

### 6.3.7 Reboco, revestimentos e pinturas

O revestimento das paredes foi feito com o reboco almofadado composto por cal e areia, que é característico do estilo Enxaimel. Esse tipo de reboco cria uma descontinuidade com o quadro

---

<sup>18</sup> Foto da Arq. Karin Brakemeier.



de madeira para evitar que na sua interface acumule água, sujeira ou detritos, como pode se observar na figura 28. Foi utilizado também reboco com cimento, cal e areia nas áreas molhadas como cozinha e banheiros, mas nesses casos a alvenaria já era do tipo convencional, com argamassa de cimento.



Figura 28: detalhe do reboco almofadado areia/cal<sup>19</sup>

A escolha dos materiais para o reboco (areia e cal) foi feita, por eles se combinarem melhor com a argamassa de barro e a madeira, permitindo que todo o conjunto (principalmente a madeira) faça suas trocas de umidade de maneira otimizada e satisfatória, permitindo assim a difusão do vapor d'água da parede.

O procedimento utilizado para a execução do reboco foi realizado com a mistura de cal hidráulica e areia na proporção de 1:4, depois começou a se usar a mistura de 1:3 por ser mais resistente. Nas paredes externas onde as almofadas eram mais grossas, o reboco foi feito em duas etapas sem ser reguado. Já nas paredes internas o reboco foi feito em uma etapa (pois era mais fino que o externo) e era reguado para possibilitar a instalação de armários e prateleiras pelos moradores.

Nas pinturas foram usados diferentes produtos conforme variava a característica e propriedade dos materiais. Para as almofadas e paredes em geral foi feita uma pintura com tinta cal. Para os quadros do Enxaimel havia a preocupação de sempre se pintar apenas uma das faces (externa) da madeira, para que ela não ficasse selada e isso impedisse que ela fizesse suas

<sup>19</sup> Primeira foto da Arq. Juliana Moehlecke.

trocas de umidade. Nos madeiramento dos quadros e também nos outros elementos de madeira da casa, foi utilizado verniz composto basicamente por resinas acrílicas, polímeros e solventes. Na parte da fachada em que os quadros do Enxaimel tiveram preenchimento com alvenaria à vista, foi utilizado um hidrofugante para fachadas a base de silicone, que serviu para selar a cerâmica e aderir à argamassa de barro, formando uma película protetora.

#### 6.4 AS DIFICULDADES, PROBLEMAS E PATOLOGIAS

Nos próximos parágrafos serão listados e descritos as principais dificuldades, problemas e patologias que foram surgindo durante o período de quase três anos de execução da obra.

A maior dificuldade foi encontrada no trabalho de preparo da madeira. Algumas delas tinham que ser desdobradas, mas a maioria precisava ser duplada para ficar com a seção calculada pelo projetista e esse era um trabalho minucioso que demandava atenção e tempo. Além do trabalho de desdobre e duplagem, havia todo o detalhamento e construção dos encaixes e apoios para o Enxaimel, um serviço basicamente artesanal e oneroso.

Outra dificuldade que exigiu muita mão de obra foi o posicionamento e colocação das vigas do telhado. Algumas vigas tinham entre 12 e 10 m de extensão e precisavam ser posicionadas no topo dos pilares com 8 m de altura e ainda encaixadas precisamente nos encaixes (o encaixe deve ser justo, para que não fiquem folgas ou aberturas) do Enxaimel. Essa dificuldade corrobora com a versão (o Prof. Weimer descarta essa hipótese, p. 25) de que os imigrantes montavam a estrutura de madeira no chão e depois levantavam o quadro inteiro para posicioná-lo na estrutura.

Algumas vigas (vigamento do telhado), devido à complexidade de esforços estruturais a que foram submetidas (por exemplo, construção de uma mansarda sobre um vão livre de 8 m, que não estava no projeto), fletiram um pouco. Todas as vigas que flexionaram, casos mais complexos, foram sendo monitoradas durante a obra, tendo suas flechas medidas periodicamente. Como a estrutura se acomodou e os deslocamentos cessaram com o passar do tempo, os projetistas concluíram por não intervir com outro tipo de solução estrutural. Convém colocar que os deslocamentos eram pequenos e as cargas atuantes estavam dentro do Estado Limite de Serviço e distantes do Estado Limite Último (ruptura) do material.

O reboco de cal e areia mostrou ser menos resistente (resistência inicial) que o convencional com cimento. Nos cantos com arestas vivas (quinas de parede) com a constante passagem de operários, materiais e equipamentos, houve arrancamento de partes do reboco. Essas partes foram restauradas com rejunte composto de areia e cimento tradicional. Caberá agora, com a utilização pelos moradores (menos agressiva que em uma obra), se monitorar o comportamento do reboco, para aferir se essas patologias continuarão se manifestando ou se foi apenas um caso isolado durante a obra. Registra-se também, que a solução executada combinando materiais com diferentes propriedades físico-químicas acarreta em comportamentos mecânicos (coeficientes de retração) também distintos, e por isso, é provável que o reboco restaurado apresente novamente patologias como fissuras e descolamentos. A opção mais adequada para o problema apresentado seria a execução de uma argamassa de restauro, que mantivesse ao máximo as propriedades físico-químicas, materiais e traço da argamassa original.

## **7 COMPARAÇÃO COM PRESSUPOSTOS SUSTENTÁVEIS E APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA**

Neste capítulo será feita uma comparação dos pressupostos sustentáveis com aquilo que foi realizado e apresentado na obra objeto deste estudo. Baseado no resultado obtido com as comparações se apresentará uma proposta de uma edificação em Enxaimel que pretende atender de forma mais ampla e integral esses requisitos.

### **7.1 COMPARAÇÃO COM PRESSUPOSTOS SUSTENTÁVEIS**

A seguir serão apresentados os pressupostos sustentáveis que foram escolhidos como parâmetros dessa comparação e de que forma eles foram aplicados durante o processo de concepção e execução da obra estudada.

#### **7.1.1 Gerenciamento racional dos recursos materiais**

O gerenciamento racional dos recursos materiais ocorre no momento da concepção e projeto do empreendimento, com a escolha dos materiais e procedimentos que serão aplicados no decorrer de sua execução.

A obra trabalhou com madeira de demolição que havia sido comprada em São Paulo-SP, e teve como propósito principal aproveitá-la de toda a forma que fosse possível e viável para a execução da obra. Ademais, foram utilizados materiais de origem natural como esterco e argila na sua concepção, fato que reforça a preocupação da projetista quanto à utilização adequada e racional dos mesmos. Por isso, pode-se dizer que a obra fez bem o gerenciamento dos recursos materiais utilizando-os de maneira adequada e dentro do contexto em que estava inserida.

### 7.1.2 Redução de distâncias com transporte

É muito importante reduzir as distâncias com transporte devido ao saturamento da malha rodoviária brasileira (fato que ainda é agravado com esse tipo de movimentação de materiais de construção pesados, que deterioram ainda mais as estradas), além de toda a poluição gerada pelo combustível (diesel) oriundo dos caminhões que realizam esse tipo de serviço.

A obra utilizou materiais que percorreram diferentes distâncias até chegaram ao seu destino final (Nova Petrópolis-RS). No quadro 1 se apresenta as distâncias percorridas pelos principais materiais utilizados na construção.

DISTÂNCIAS PERCORRIDAS		
MATERIAL	ORIGEM	DIST. (km)
Areia, cimento e cal	Nova Petrópolis-RS	-
Argila	Feliz-RS	34
Esquadrias Fachadas	Teutônia-RS	115
Esquadrias Internas	São Paulo-SP	1008
Esterco	Nova Petrópolis-RS	-
Laje Pré-Moldada	Bom Princípio-RS	41
Madeiras Acabamentos	Nova Petrópolis-RS	-
Madeiras Demolição	São Paulo-SP	1008
Telhas Cerâmicas	Bom Princípio-RS	41
Tijolo 6 furos	Nova Petrópolis-RS	-
Tijolo Maciço	Feliz-RS	34
Tijolo Maciço (à vista)	São Paulo-SP	1008

Quadro 1: distâncias percorridas pelos materiais até a obra (Nova Petrópolis-RS)<sup>20</sup>

Se a obra tivesse ficado inserida no eixo Nova Petrópolis-Feliz-Bom Princípio, poderia se dizer que ela contribuiu para a redução de distâncias percorridas. Mas os materiais oriundos de Teutônia-RS e São Paulo-SP impedem que esse item seja atendido.

<sup>20</sup> Distâncias obtidas no GUIA RODOVIÁRIO-GUIA 4 RODAS, Disponível em: <[http://mapas.viajeaquibril.com.br/guiarodoviario/guia\\_Rodoviario\\_viajeaquibril.aspx](http://mapas.viajeaquibril.com.br/guiarodoviario/guia_Rodoviario_viajeaquibril.aspx)>. Acesso em: 21 mai. 2011.

### **7.1.3 Utilização de materiais, recursos e mão de obra locais**

A utilização de materiais, recursos e mão de obra locais serve não só para colaborar com a redução das distâncias (conforme visto no item anterior), como também para fomentar a economia local criando e propiciando oportunidades para que empreendedores locais possam reforçar laços comerciais e de cooperação mútua, fato que contribui para o seu crescimento, com o conseqüente desenvolvimento de sua região.

No quesito de recursos e mão de obra pode-se dizer que a obra sempre utilizou serviços de pessoas que moram na região e que isso contribuiu para a movimentação da economia local. Já quanto aos materiais, conforme pôde ser observado no quadro 1, esse item não foi contemplado integralmente. Para esse exercício comparativo, foi estimado como sendo material local, materiais oriundos de localidades num raio de até 40 km de distância<sup>21</sup> da obra. Por conseguinte, se observa que as localidades de Teutônia-RS e São Paulo-SP não se inserem nesse panorama proposto. Ademais, deve se observar que todo o material de demolição advindo de São Paulo-SP contribuiu significativamente para o quantitativo de materiais composto por essa obra.

### **7.1.4 Redução de perdas**

A redução de perdas é talvez o mais básico dos conceitos de sustentabilidade, que exige um gerenciamento dos materiais e dos procedimentos utilizados para que isso resulte em menos desperdício e em mais matéria prima para as gerações futuras.

Dada a massiva quantidade de madeira utilizada na obra, com todo o seu trabalho de preparo e desdobre, numa primeira análise é necessário dizer que houve perdas nesse processo. Mas dada a característica diferenciada dessa obra (que tinha como premissa básica a readequação de uma madeira pré-existente), fica difícil de aplicar o conceito de perda, porque o que houve mesmo de forma mais caracterizada foi um processo de reutilização do material. Destarte, pode-se colocar que esse item foi parcialmente atendido.

---

<sup>21</sup> Valor de distância estimado conjuntamente com o Professor Miguel Sattler via correspondência eletrônica.

### **7.1.5 Utilização de produtos com baixo custo e nível de industrialização**

O conceito de utilizar produtos de custo e nível de industrialização baixos vem da premissa de que produtos muito industrializados, no seu longo processo de manufatura, vão agregando fatores, valores e agentes (muitas vezes poluidores) de complexo controle na cadeia produtiva.

A obra fez uso de materiais com baixo custo e nível de industrialização como telhas e tijolos cerâmicos, assim como barro e esterco para a argamassa de assentamento. Mas, utilizou o concreto e a laje pré-moldada (industrializados), e o fato de ter utilizado materiais de demolição (com o frete de São Paulo), principalmente madeira, fez com que o seu custo se elevasse consideravelmente. Existe atualmente, muita demanda por materiais de demolição na construção civil e essa procura, aliada com a ganância de certos especuladores em busca de lucro, fez com que os preços desse tipo de material alcançassem valores exorbitantes. Com isso, pode-se dizer que a obra cumpriu parcialmente com esse conceito.

### **7.1.6 Redução do uso excessivo de produtos a base de cimento**

Desde a sua consagração e disseminação como principal material construtivo, o cimento vem sendo amplamente utilizado em todo o tipo de obra executada no país. Esse uso irrestrito pode ocasionar certos exageros e dosagens que resultam em edificações praticamente inteiras com cimento. O objetivo desse conceito, não é proibir o uso do cimento, nem negar suas excepcionais propriedades estruturais, e sim garantir que ele seja utilizado de forma equilibrada e responsável por seus fabricantes, projetistas e usuários.

Foi exatamente isso que fez a Arq. Karin na concepção do projeto e execução da obra. Utilizou o sistema Enxaimel, e aliou a ele, cimento (onde seu uso era o mais adequado e necessário) nos elementos estruturais de concreto (lajes, pilares de fundação e vigas de fundação), como também na argamassa da alvenaria das paredes internas das áreas molhadas (cozinha e banheiros). Diante disso, pode-se afirmar que a obra cumpriu com esse requisito.

### **7.1.7 Redução do uso excessivo de produtos a base de petróleo**

Existe uma ampla discussão sobre até quando as reservas de petróleo vão durar e se a manutenção prolongada e utilização exclusiva dessa matriz energética não trarão mais danos do que benefícios para a população mundial. Não obstante a isso, tudo aquilo que foi apresentado no item de produtos com alto nível de industrialização se aplica no caso do petróleo, agregando ainda a geração de compostos voláteis e sub-produtos químicos nocivos ao meio ambiente e às pessoas.

Na obra estudada, não foi utilizada nenhuma espécie de material plástico e o PVC somente foi utilizado nos encanamentos. Todavia, nas pinturas foi utilizado verniz composto por resinas acrílicas, polímeros e solventes, fato que contribuiu decisivamente para que esse item fosse apenas parcialmente cumprido.

### **7.1.8 Não utilização de materiais tóxicos para a manutenção da edificação**

Essa recomendação visa preservar a saúde das pessoas, sejam operários no período de execução ou moradores no período de utilização da edificação.

Como explicitado no item anterior, a obra utilizou verniz acrílico na suas pinturas. Esses tipos de componentes petroquímicos possuem na sua formulação partículas chamadas de COV's (compostos orgânicos voláteis) que são liberados durante sua aplicação. A exposição frequente a estes compostos pode trazer danos à saúde humana, tanto que alguns países da Europa vem restringindo o uso de produtos a base de COV's e até proibindo a sua utilização. Diante disso pode-se afirmar que a obra não cumpriu com essa demanda.

### **7.1.9 Resumo dos resultados obtidos**

A seguir apresenta-se um quadro resumo com os resultados obtidos das comparações realizadas (quadro 2).



RESULTADOS DA COMPARAÇÃO COM PRESSUPOSTOS SUSTENTÁVEIS			
	SIM	NÃO	PARCIALMENTE
GERENCIAMENTO RACIONAL DOS RECURSOS NATURAIS	✓		
REDUÇÃO DE DISTÂNCIAS PERCORRIDAS COM TRANSPORTE		✓	
UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS, RECURSOS E MÃO DE OBRA LOCAIS			✓
REDUÇÃO DE PERDAS			✓
UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS COM BAIXO CUSTO E NÍVEL DE INDUSTRIALIZAÇÃO			✓
REDUÇÃO DO USO EXCESSIVO DE PRODUTOS A BASE DE CIMENTO	✓		
REDUÇÃO DO USO EXCESSIVO DE PRODUTOS A BASE DE PETRÓLEO			✓
NÃO UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS TÓXICOS PARA A CONSERVAÇÃO DA EDIFICAÇÃO		✓	

Quadro 2: resultados da comparação com pressupostos sustentáveis

Neste momento é importante salientar, que essas comparações têm o propósito de exercitar o embasamento teórico, aliando-o com um exemplo da prática de engenharia e de forma alguma tem a intenção de criticar o trabalho realizado na obra de Nova Petrópolis-RS pela Arquiteta Karin Brakemeier e sua equipe, mesmo porque, deve se destacar que o objetivo principal da profissional não era a obtenção de uma obra inteiramente sustentável, e sim, a satisfação de seu cliente, utilizando para isso materiais e produtos de qualidade, consagrados pelo mercado da construção. Ainda assim, mesmo sem ser o objetivo principal, em muitos quesitos a obra cumpriu de maneira aceitável a essas demandas sustentáveis.

## 7.2 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

Baseado na pesquisa bibliográfica realizada durante todo o período de elaboração do presente trabalho, em conjunto com a experiência adquirida na obra objeto desse estudo e nos resultados obtidos da comparação com pressupostos sustentáveis, se constatou que seria interessante e válida, a elaboração de uma proposta de edificação que integrasse a técnica Enxaimel de maneira mais ampla e completa com relação às diretrizes sustentáveis e ambientais que foram estudadas. Por isso, a seguir, será apresentada a proposta com uma breve explicação dos materiais e procedimentos sugeridos e os motivos que condicionaram essas escolhas.

A proposta apresentada respeitou a limitação colocada nesse trabalho de que ia restringir a observação aos quadros do Enxaimel compostos pelo seu madeiramento e respectivo

enchimento, excluindo outras soluções construtivas e práticas sustentáveis bastante difundidas como a utilização de energia solar e reaproveitamento de água das chuvas. Desta forma, a proposta sugerida ficou com as seguintes características primordiais:

- a) sistema Enxaimel;
- b) madeira de reflorestamento;
- c) preenchimento das paredes com alvenaria em blocos de adobe e argamassa de barro com esterco;
- d) fundação alta de pedras e telhados com beirais avantajados;
- e) paredes simples, com esquadrias e vidros simples;
- f) utilização de tintas e vernizes livres de COV's;
- g) utilização de hidrofugante para fachadas a base de silicone.

Com isso, a edificação ficaria com o aspecto demonstrado pela figura 29.

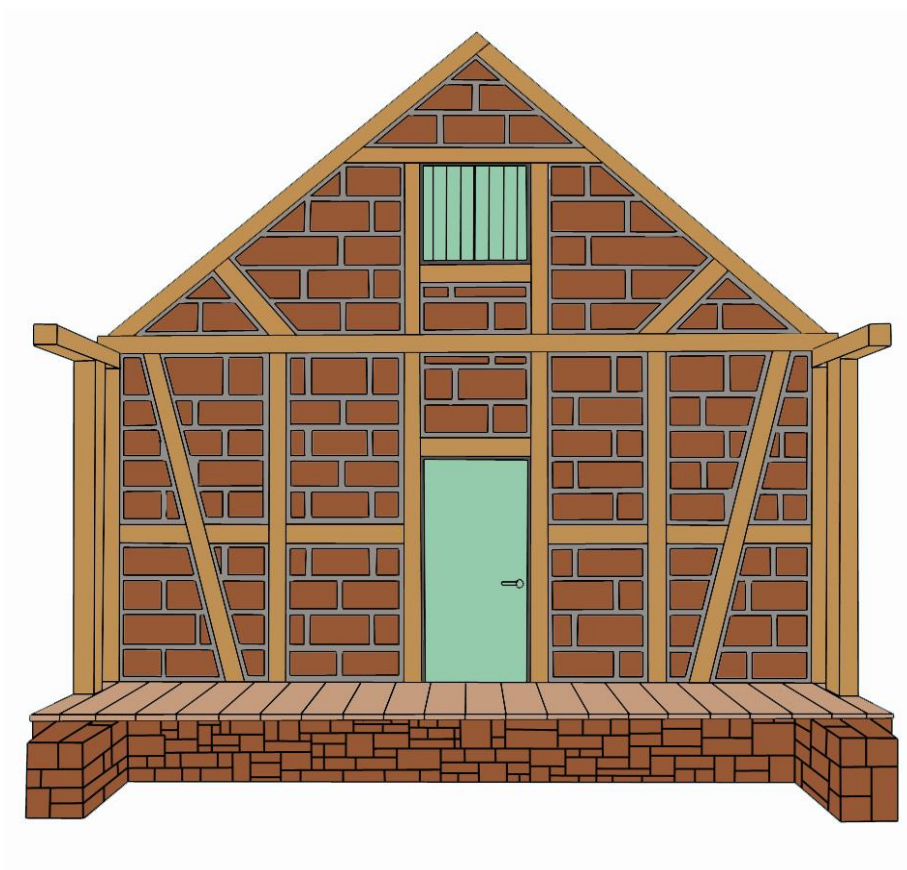


Figura 29: caracterização da edificação proposta

### 7.2.1 O madeiramento do Enxaimel

O madeiramento dos quadros do Enxaimel seria bem mais simples do que os executados na obra objeto desse estudo, sem muitos adornos e detalhes. Seria algo muito próximo ao madeiramento sugerido pelo Professor Weimer e ilustrado no presente trabalho (figura 9, p. 30). Teria pilares com altura entre 3,50 m e 4,0 m e vãos livres menores, como pode se observar no dimensionamento proposto na figura 30.

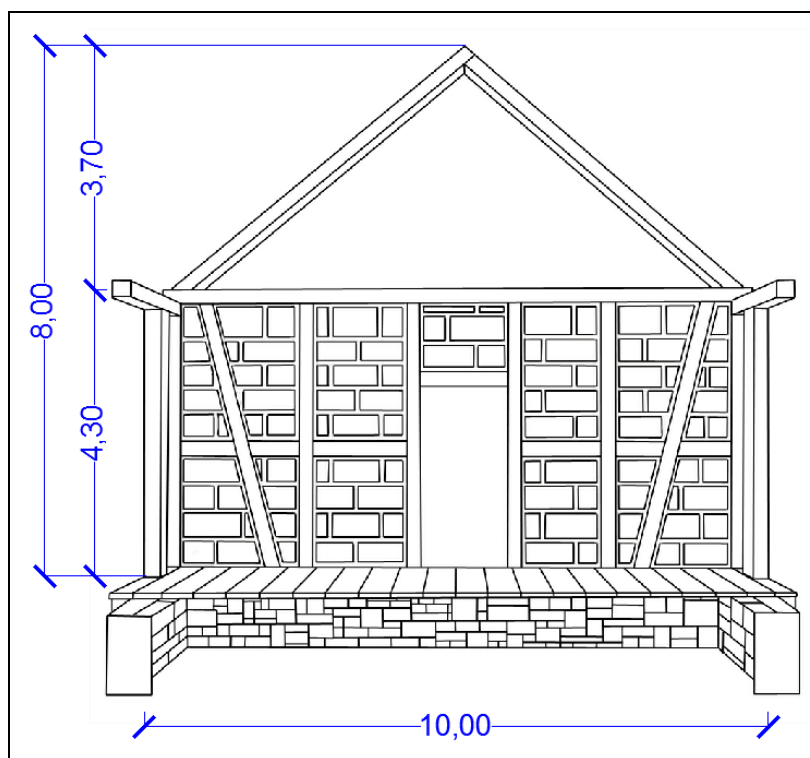


Figura 30: dimensões da edificação proposta

A madeira que comporia os quadros do Enxaimel seria de reflorestamento de uma única espécie, disponível na região, com a exigência de ser de um tipo duro (conhecida também como madeira de lei) e seca.

### 7.2.2 Parede simples composta por blocos de adobe e argamassa de barro

Foi escolhido o adobe (figura 31) para preenchimento dos quadros pelo seu potencial para ser utilizado em locais de clima mais quente e ensolarado, sendo secos ao sol sem emitir gás

carbônico na atmosfera como os tijolos cozidos. Essas observações foram apresentadas no Capítulo 4 (p. 32) do presente trabalho, que tratou dos materiais utilizados pela técnica Enxaimel, onde o adobe foi apresentado como uma alternativa bastante viável e referendado pelas citações de Weimer (2005, p. 105) e Santucci (2008, p. 6).



Figura 31: exemplo do adobe e de sua utilização

O mesmo material que serviu para a constituição dos blocos de adobe seria utilizado para constituir a argamassa de assentamento, composta também com esterco, executada exatamente da maneira que foi realizada na obra de Nova Petrópolis-RS pela Arq. Karin, seguindo os ensinamentos do Arq. Gernot Minke.

Salienta-se que o adobe deve ser protegido da intempérie, pois apodrece na presença de umidade, e por isso, a necessidade da edificação proposta ter uma fundação alta de pedras (de preferência as pouco porosas) e beirais de telhado avantajados, servindo de barreiras para a umidade, com a função de proteção do adobe.

As paredes e esquadrias seriam simples com o propósito de reduzir os custos, como também para simplificar os processos construtivos durante a execução da obra.

### **7.2.3 Revestimentos e pinturas**

As tintas e vernizes utilizados seriam livres de COV's (compostos orgânicos voláteis), tinta com pigmentos naturais e tinta cal, por exemplo. Na impossibilidade de encontrar esses produtos no mercado, seria utilizado materiais à base de água, sem solventes na sua

composição. Também deveria ser observada a necessidade de não se pintar as quatro faces da madeira (na interface entre o quadro do Enxaimel e o adobe), impedindo que ela faça suas trocas de umidade.

As paredes da edificação seriam todas à vista, por isso, seria empregada a mesma solução utilizada nas alvenarias à vista da obra de Nova Petrópolis-RS, com um hidrofugante para fachadas a base de silicone, que serviria para criar uma camada protetora e ainda solidificar a argamassa de assentamento. Registra-se que essa escolha foi feita com o intuito de proteger o adobe da intempérie e da presença de umidade, com a consciência que essa opção causaria uma maior impermeabilização da parede, dificultando o processo de troca de umidade e calor da edificação. Para se buscar uma solução menos hermética, poderia se trocar o hidrofugante sugerido por uma solução mais natural, fazendo uma pintura com soro de leite da vaca que impermeabiliza, sem selar completamente a parede.

Como o reboco almofadado é um elemento bastante característico do estilo Enxaimel, também foi elaborada uma proposta que contemplasse essa demanda, que serviria como alternativa à proposta de blocos à vista. Assim, a segunda proposta substituiria apenas o hidrofugante pelo reboco de cal e areia, mantendo as outras características propostas inalteradas. O reboco de cal e areia também seria executado seguindo os mesmos procedimentos utilizados na obra de Nova Petrópolis-RS, optando-se por fazer apenas o reboco nas paredes externas, visando à redução de custos, mas deixando em aberto a opção de se rebocar tudo para o responsável ou proprietário da obra exercê-la, conforme sua necessidade ou vontade. Dessa forma, a edificação ficaria caracterizada da maneira ilustrada na figura 32.



Figura 32: caracterização da edificação proposta com reboco de cal<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Figuras 29,30 e 32 foram ADAPTADAS de Weimer (2005, p. 212).

## 8 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto à obra estudada pode-se dizer que ela foi muito importante para o aprimoramento de saberes e habilidades no trabalho de desdobre e preparo das madeiras. Devido à grande quantidade de material de diferentes tipos e espécies, a obra serviu como uma grande escola para o desenvolvimento de práticas construtivas em madeira, assim como para aumentar o conhecimento dos profissionais envolvidos no projeto. Exatamente por este trabalho detalhista e minucioso (que despendeu muito tempo e destreza dos artífices), com muitos adornos, detalhes e entalhes, esse empreendimento pode ser classificado como uma verdadeira obra de arte, difícil de ser replicado em outros projetos. Porém, essa constatação não inviabiliza que a técnica Enxaimel seja utilizada de modo mais simples e rudimentar, tornando sua execução mais expedita e menos onerosa.

A técnica construtiva Enxaimel mostrou ser viável como alternativa construtiva pela sua natureza adaptável, que permite diferentes configurações de materiais para o seu preenchimento ou combinada com técnicas construtivas mais modernas, como o concreto (alternativa utilizada na obra de Nova Petrópolis-RS), por exemplo. Embora, evidencie-se por questões históricas e culturais, que um projeto em Enxaimel fica muito melhor inserido em locais que tenham comunidades germânicas na sua formação. No entanto, isso não impede que seja executado em outros cenários como sítios ou casas de praia, desde que se cumpram as premissas essenciais para uma eficiente utilização da técnica: abundância de madeira (com equipe de carpintaria) e de material argiloso para assentamento e/ou enchimento dos quadros.

Ficou bastante evidente que uma edificação construída em Enxaimel se torna inexecutável sem uma boa equipe de carpinteiros capacitados. Todavia, o que se constata de forma cada vez mais explícita é que tem se reduzido cada vez mais o número de profissionais deste tipo no mercado. Vários fatores contribuíram para esta realidade, como a utilização de outros materiais para construção ou pelo trabalho eminentemente artesanal que exige habilidade e experiência do profissional. Portanto, torna-se imperativo o investimento em cursos profissionalizantes e oficinas de carpintaria, para que o mercado de trabalho possa continuar contando com esses serviços, visto que de outra maneira, ficará bastante difícil se empreender construções em madeira de qualquer tipo, sendo elas em Enxaimel, ou não.

Constata-se que não há nenhuma disciplina que verse sobre construções em terra ou argamassa e reboco de barro nos cursos de graduação em Engenharia Civil ou Arquitetura na UFRGS. A oferta de pelo menos uma disciplina na graduação, ainda que em caráter eletivo, auxiliaria e poderia vir a resultar num acréscimo de projetos e obras utilizando esses materiais e procedimentos.

A necessidade de se fazer um investimento maior em áreas de reflorestamento (visando sua massificação e diversificação), em conjunto com uma legislação atualizada e fiscalização atuante. Deve haver uma ação integrada para que cada municipalidade (conforme suas necessidades) possa criar áreas destinadas ao plantio e reflorestamento com os mais diferenciados fins: recuperação de áreas degradadas, material para construção civil, fabricação de móveis, celulose para produção de papel, entre outros.

O presente trabalho foi concebido com o propósito de contribuir para o resgate e valorização da técnica Enxaimel, assim como para ilustrar a utilização da argamassa com barro e esterco. Para isso foi feito o registro de uma obra que utilizou essas técnicas em sua edificação, recentemente, e se apresentou uma proposta de utilização buscando integrar de forma mais ampla o Enxaimel com objetivos sustentáveis. Com isso buscou-se, humildemente, fomentar a discussão e o debate sobre o tema de forma mais ampla e irrestrita, para que esse estímulo possa gerar outros frutos, como a execução da proposta sugerida e avaliação de seu comportamento termo-acústico ou o arranjo do quadro de madeira preenchido com outros tipos de materiais para sua posterior análise e avaliação, por exemplo.

O equilíbrio entre a preservação do Enxaimel como patrimônio histórico e como uma alternativa a ser explorada (por vezes, banalizada com o falso Enxaimel) para fins turísticos, é algo que deve ser discutido e implementado por cada uma das municipalidades em conjunto com suas comunidades. A criação de parâmetros e condições para sua utilização deve levar em conta questões como: até que ponto o falso Enxaimel pode ser utilizado ou deve ser restringido, com o intuito de preservar a técnica Enxaimel? A resposta para esta e outras questões depende e varia com nível de percepção e conscientização das pessoas, portanto, são de complexa aferição. Contudo, iniciativas como o Parque Aldeia do Imigrante em Nova Petrópolis-RS e a Vila Germânica em Igrejinha-RS, apontam para o despertar de uma nova consciência onde o patrimônio histórico e cultural é preservado, valorizado e utilizado como alternativa turística, contribuindo para o desenvolvimento sócio-econômico da região.



## REFERÊNCIAS

MINKE, G. **Manual de Construccion en Tierra**. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad, 2001.

MÜLFARTH, R. C. K. Rumo a um futuro mais Sustentável: arquitetura de baixo impacto humano e ambiental. **Anuário da Construção**, São Paulo, SP, v. 2, n. 2, p. 30-32, 2004. Disponível em: <<http://www.universia.com.br/docente/materia.jsp?materia=6214>>. Acesso em: 10 maio 2010.

SANTUCCI, J. Arquiteto Gernot Minke e a bioarquitetura. **Conselho em Revista**, Porto Alegre, ano 4, n. 46, p. 6-7, jun. 2008. Disponível em: <[http://www.crea-rs.org.br/crea/pags/revista/46/CR46\\_entrevista.pdf](http://www.crea-rs.org.br/crea/pags/revista/46/CR46_entrevista.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2010.

SATTLER, M. A. **Habitação de baixo custo mais sustentáveis**: a casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis. Porto Alegre: ANTAC, 2007. Coleção Habitare, 8.

VOLKMER, J. A. A forma brasileira e a imagem germânica: patrimônio cultural em debate. In: ROHDEN, V. (Coord.). **Retratos da Cooperação Científica e Cultural**: 40 anos do Instituto Cultural Brasileiro-Alemão. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999.

WEIMER, G. Enxaimel: a arquitetura do imigrante no Rio Grande do Sul. **Cj Arquitetura**, São Paulo, SP, v. 14, n. 1, p. 56-63, 1977.

\_\_\_\_\_. **Arquitetura popular da imigração alemã**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.