



COMPORTAMENTO TÉRMICO DE MÓDULOS EM MADEIRA IMPLANTADOS  
PELO BRASIL NA ANTÁRTICA

Crintina Engel de Alvarez - Arq. Pesquisadora da  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS  
Fulvio Vittorino - Eng. Mec., Pesquisador do Instituto  
de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo - IPT,

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados correspondentes ao desempenho térmico de módulos em madeira implantados na Antártica, sendo analisados dois exemplares com usos diferenciados: um refúgio de uso somente no verão austral, com condicionamento artificial, e um laboratório de utilização básica diurna durante todo o ano, com aquecimento elétrico.

ABSTRACT

This paper presents the thermal performance of modular wooden buildings used by Brazil in the Antarctic. Two units, each having a different use, were analyzed: a shelter without heating for use in the austral summer, and a laboratory with electric heating for daily use all year round.

1 - INTRODUÇÃO

Procurar caracterizar a Antártica em linhas gerais significa repetir conhecidas frases que afirmam ser aquela a região mais remota, mais desértica, mais ventosa, mais seca, mais fria, mais estéril, de mais alta superfície média e mais inabitável do planeta. Tais 'superlativos' dificultaram a presença do Homem na região, registrando-se o fato de ser a Antártica a única continente nunca habitado naturalmente pelo Homem.

O ano de 1820 é o ano oficial do descobrimento da Antártica [1] e, desde

então, nações de quase todo o planeta somam esforços e investimentos na busca de aprimoramento nos conhecimentos tecnológicos que auxiliem à permanência do Homem na região. Os interesses para a viabilização dessa permanência vão do científico - por ser um grande laboratório natural - ao econômico, pelas promissoras reservas energéticas e minerais, e mesmo por interesse político e estratégico, devido a sua importante localização geográfica.

A presença brasileira na Antártica iniciou no verão 82/83, com a 1ª Expedição Brasileira e, no verão de 1984, foi implantada a Estação Antártica Comandante Ferraz. Utilizando uma técnica construtiva pioneira na região, a Estação foi construída com "containers" metálicos e, em 1988, com a verificação das vantagens no uso de elementos não oxidáveis, foi adotada a técnica construtiva em madeira, objeto principal dos estudos a seguir apresentados.

2 - HISTÓRICO

Em 1988, o convênio UNISINOS/IBAMA/CIRMI<sup>(1)</sup> possibilitou o desenvolvimento, confecção e implantação do Refúgio 'Emílio Goeldi' [2],

composto basicamente por estrutura e painéis de vedação de madeira, inaugurando uma nova fase das instalações brasileiras na região. Os resultados alcançados incentivaram a produção de novos módulos, com aperfeiçoamentos no que diz respeito a aproveitamento de material, agilização no processo de manufatura, diminuição no tempo de montagem e otimização dos espaços internos. Atualmente, os módulos são projetados para as mais diversas finalidades, tais como alojamentos e laboratórios.

3 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ANTÁRTICA

Além das condições de inospitalidade verificada pelas características geográficas e climáticas, ressalta-se a dificuldade de desenvolvimento de formas de vida, principalmente no que se refere à flora, obrigando ao Homem transportar tudo o que necessita para sua sobrevivência, com exceção da água, que recobre em forma de gelo 98% dos 14 milhões de km<sup>2</sup> de sua superfície [3]. Tal área - que equivale à superfície dos Estados Unidos e México juntos - é duplicada no inverno pelo congelamento dos mares que circundam a continente. Geograficamente, pode-se dividir a Antártica em duas regiões: peninsular e continental. (Figura 3.1)

A paisagem Antártica contrasta o branco da neve, a escura das rochas de origem vulcânicas e o azul do céu e mar, transformando-a num continente monocor onde predominam as formas gigantescas e a necessidade do Homem de buscar soluções em

(1) IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CIRMI - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar

que a sinalização assume vital importância nos planejamentos logísticos. São raras os dias em que o sol brilha, sendo frequente a paisagem revestir-se de uma névoa cinzenta, gerando a falta de contrastes oriundo das sombras dos contornos.



ALE - ALEMANHA  
 ARG - ARGENTINA  
 BRA - BRASIL  
 CHI - CHILE  
 EUA - ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA  
 POL - POLONIA  
 RPC - CHINA  
 RU - REINO UNIDO  
 URSS - UNIÃO SOVIÉTICA  
 URU - URUGUAI

FIG. 3.1 - Vista do Continente e Península Antártico e localização de Estações de Pesquisa [4].

3.1 - Características Climáticas

A menor temperatura já registrada na Antártica foi de 89,2°C negativos, no dia 21 de julho de 1983, na base Vostok pertencente à antiga URSS, localizada no pólo sul magnética 151. Já na Península Antártica e nas áreas da costa do Continente as temperaturas médias de 0°C (zero) no verão e -20°C no inverno diferenciam-se das no interior do Continente, onde verificam-se as médias de -30°C no verão e -65°C no inverno [3]. Embora se pense, erroneamente, serem a Ártico e a Antártica semelhantes em termos de temperatura e clima, registra-se o fato de que a Antártica possui média de temperatura de superfície de 15 a 20°C inferiores às do Ártico [6].

O local de concentração das instalações brasileiras na região, a Ilha Re4 Jorge, faz parte da Península Antártica, onde as condições de clima são bem mais amenas e a proximidade da América do Sul facilita o acesso. A grande maioria dos países que mantêm atividades na Antártica possuem bases e estações na Península, vista as facilidades

logísticas que representam comparadas com 6 interior do Continente.

A Ilha Rei Jorge possui 1338 km2, estando somente 25 km2 livres de gela e altitude máxima de 575m. Em cerca de 200 dias por ano, sofre a ação de ventos com velocidade superior a 40 km/h, não sendo consideradas incomuns as rajadas de até 200 km/h. Por sua influência marítima, possui bom índice de umidade e precipitação média de 550 mm/ano, diferente do Continente que apresenta áreas com índices de umidade inferiores às encontradas no deserto do Saara [5].

Os dados climáticos referentes à Estação Antártica Comandante Ferraz são apresentados na Tabela 3.1 obtida a partir de valores medidos pelo INPE no período de

TAB. 3.1 - valores médios mensais das temperaturas máximas e mínimas diárias

mês	max	min
1	3,2	0,9
2	-x-	-x-
3	2,9	-2,1
4	-1,4	-5,7
5	-4,7	-9,9
6	-3,7	-10,2
7	-4,1	-9,1
8	-4,4	-9,9
9	-1,6	-5,8
10	-1,1	-5,2
11	1,4	-2,7
12	2,1	-1,6

max: temperatura máxima diária  
 min: temperatura mínima diária  
 obs.: por insuficiência de dados relativos ao mês fevereiro de todos os anos, os mesmos não foram considerados nos cálculos das médias.

TAB 3.2 - Períodos de coleta de dados meteorológicos da Estação Ferraz

ANO	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25-31
1986	01-27	01-28	01-19	01-30	01-31	01-30	01-31	01-31	01-30	01-31	-	19-31
1987	01-28	01-28	01-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18-31
1989	01-29	04-28	01-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	15-31	01-17	01-31	01-30	01-31	01-30	01-31	01-31	01-30	01-31	01-30	01-31
1991	14-31	-	-	01-30	01-31	01-30	01-30	01-31	01-30	01-31	01-30	01-31
1992	01-31	25-29	01-31	01-30	01-31	-	-	-	-	-	-	-

4 - ARQUITETURA BRASILEIRA NA ANTÁRTICA

A Estação Antártica Comandante Ferraz foi a primeira - e até hoje a mais importante - instalação brasileira na Antártica. Sua composição inicial em forma de oito containeres metálicas, diferencia-se profundamente do que hoje, com cerca de 60 módulos e funcionamento que lembra uma pequena cidade. É possível alojar confortavelmente até 30 pessoas entre civis

militares, que exercem funções diferenciadas tanto nas atividades relacionadas ao apoio logístico como às de cunha científico.

Os containeres possuem paredes tipo Sanduíche compostos de metal pintado na cor verde no lado exterior, revestidos com madeira internamente e preenchidos com material isolante -poliuretano expandido ou fibra de vidro. Os espaços da Estação podem ser divididos em três categorias: a) uso cotidiano comum camarotes (para duas pessoas), sanitários, cozinha, paiol de pronto uso (despensa), lavanderia, estar/jantar, sala de secagem, ginásio, biblioteca, alojamento múltiplo (6 pessoas) e sala de rádio; b) uso de serviço: carpintaria, oficina, módulo de geradores, paióis de alimentos e de peças, módulo tratamento de água, encinerador de lixo e garagem; c) laboratórios: biologia, ciências atmosféricas, meteorologia, física, química, etc. A Estação conta ainda com uma enfermaria que possibilita, inclusive, a realização de eventuais pequenas cirurgias de emergência, bem como outros módulos implantados afastados do núcleo, que servem de abrigo provisório em caso de acidente ou sinistro da Estação.

Além do conjunto de instalações que compõem o complexo de Ferraz, o Brasil possui quatro edificações denominadas Refúgios, cada qual implantado em local de interesse científico. Tais edificações caracterizam-se por estarem absolutamente isoladas de qualquer apoio logístico e devem possibilitar condições adequadas de vida e trabalho às equipes científicas que variam de 4 a 6 pessoas. A área de um refúgio é de cerca de 20 m<sup>2</sup>, cumprindo as funções de moradia e laboratório à equipe por aproximadamente 45 dias durante o verão, devendo não só prever segurança e conforto mínima à seus usuários como também local de armazenamento de alimentos, instalações para obtenção de energia e água, prover condições para funcionamento de um rádio e todas as demais necessidades de uma edificação Antártica.

#### 4.1 - Módulos em Madeira

Em 1987, junto à UNISINOS, deu-se início à pesquisa relativa à utilização de madeira para edificações brasileiras na Antártica, enquanto o físico Mário Rabelo de Souza, pesquisador do Laboratório de Produtos Florestais do IBAMP (antigo IBDF, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal) realizava as primeiras experiências associando a resistência mecânica da madeira às baixas temperaturas. Em 1988, somados os esforços da UNISINOS e IBPMA para, através de um convênio com a CIRM, fosse possível o planejamento, construção e implantação na Antártica de um refúgio em madeira denominado "Refúgio Emílio Goeldi".

Embora desde então outros módulos tenham sido produzidos, a escolha para análise higrótérmica recaiu sobre o Refúgio Goeldi não só por ser o mais antigo, mas também por ter apresentado até agora resultados positivos, segundo seus usuários, nos aspectos de manutenção, operacionalidade, estabilidade dinâmica, etc., bem como por ser o único não condicionado artificialmente.

Como exemplar de módulo condicionado artificialmente, foi eleito o laboratório de meteorologia, em função da facilidade na

obtenção dos necessários dados climáticos e por ser a edificação em madeira que registra maiores problemas térmicos.

##### 4.1.1 - Condicionantes de Projeto

Pensar em Arquitetura na Antártica significa lidar com condicionantes incomuns à nossos meios urbanos tradicionais. Além dos rigores climáticos - que exigem estudos específicos do qual o Brasil pouca informação possui - os condicionantes de uso e de apoio logístico determinam a configuração final da proposta. Os meios de transporte, a ausência de maquinário e equipamentos adequados, a falta de mão-de-obra especializada e o pouco tempo disponível para a montagem final na Antártica, são alguns dos itens limitantes do projeto.

As premissas básicas de projeto consideradas foram.

a) Segurança Estrutural: resistência à ventos constantes de até 200 km/h e rajadas de até 250 km/h;

b) Intervenção física no terreno: o módulo deve possibilitar o nivelamento com um mínimo de intervenção no terreno, independente do local onde seja instalado, a fim de diminuir a tempo de montagem, reduzir a atividade estafante e preservar o meio ambiente;

c) Habitabilidade: assegurar condições mínimas de conforto térmico, levando em consideração a necessidade de ventilação higiênica dos ambientes. Observa-se que nos containeres metálicos as esquadrias são fixas, gerando por parte dos ocupantes, manifestações de desagrado;

d) Transporte: terrestre, de Brasília - onde são produzidos - ao Porto de Ria Grande (CRS), marítimo, até a Antártica e aérea (helicóptero) ou por bote (Zodiac), na ligação entre o navio e a terra. No dimensionamento das peças, além de serem consideradas as condições mais críticas de transporte, observa-se a provável ausência de equipamentos em terra, devendo todas as peças serem transportadas por 2 homens.

e) Embalagens: para que as peças não sejam danificadas durante os três tipos de transporte e para que não sofram prejuízos no caso de exposição prolongada às intempéries, são produzidas embalagens especiais que as protegem e condicionam. Tais embalagens obedecem critérios dimensionais de acordo com a tipo de transporte, principalmente aéreo, quando a carga é transportada externamente ao helicóptero;

f) Pré-fabricação: os condicionantes Antárticos já demonstrados impõem soluções que fatalmente recaem na pré-fabricação. Busca-se adotar no dimensionamento das peças, bitolas de acordo com as existentes no mercado e com maior repetição passível de elementos, visando posteriormente sua produção seriada;

g) Manutenção e Flexibilidade: em função das naturais dificuldades de acesso ao local, a edificação Antártica deve exigir um mínimo de manutenção indispensável e possível de ser realizada sem a constante supervisão de seus construtores. A técnica construtiva adotada deve prever inclusive a possibilidade de desmonte e remonte em outra local de interesse, com a perda mínima de material;

h) Meio Ambiente: desde a escolha do local, que obedece às recomendações do Tratado Antártico [8], até o treinamento da equipe de montagem, os procedimentos de instalação do módulo seguem rigorosos critérios ambientais, tais como recolhimento do lixo produzido durante a montagem, não manuseio do isopor utilizado como isolamento térmico dos painéis, modificação mínima indispensável na topografia local e instalações sanitárias adequadas de acordo com as recomendações do Tratado Antártico e com o uso final da edificação;

i) Durabilidade, tecnologia nacional e mão-de-obra: a escolha dos materiais e da técnica construtiva levam em consideração as dificuldades econômicas e logísticas na substituição de parte da edificação e no seu custo total, bem como os limitantes do mercado nacional e da mão-de-obra disponível;

j) Rapidez de Montagem: as constantes variações climáticas características da Antártica, condicionam à soluções simples e possíveis de serem executadas num curto espaço de tempo. A justificativa para escolha da madeira como principal material construtivo, além da possibilidade no cumprimento dos condicionantes de projeto arquitetônico e estrutural, apresenta as seguintes vantagens: a durabilidade, comprovada pelas observações efetuadas anteriormente em edificações de madeira na Antártica; resistência quando submetido às condições Antárticas, verificada através de observações e ensaios laboratoriais; identidade, por ser um elemento de agradável contato e facilmente relacionado com eficiência em termos de proteção ao frio; a mão-de-obra disponível para execução e montagem; a custo, que comparado com soluções adotadas nas edificações de outras nações atuantes na Península Antártica, é reduzido e viável de ser executado pelo PROANTAR - Programa Antártico Brasileiro. Também foi considerada a possibilidade de auxiliar na conscientização cultural/ambiental com relação ao uso de madeira, já que trata-se de um material renovável, de fácil obtenção e trabalhabilidade e que no entanto é desprezado nos meios urbanos comuns,

caracterizado como material construtivo inferior, de uso regular em sub-habitações.

#### 4.1.2 - Apresentação dos Projetos

No protótipo inicial, Refúgio Emílio Goeldi, a modulação básica utilizada foi de largura (1) igual a 1,00m (Figura 4.1), sendo posteriormente aumentada para  $l = 1,22m$  na tentativa de reduzir a perda de material, principalmente do compensado naval que é comercializado em chapas de  $1,22m \times 2,44m$  (Tabela 4,1). Na montagem dos módulos com  $l = 1,22m$ , como no Laboratório de Meteorologia, verificou-se um acréscimo considerável nas dificuldades de transporte e manuseio das peças em função do aumento na área e no peso, principalmente dos painéis de cobertura. Com o aumento da área interna do módulo e, conseqüentemente, da superfície de contato das paredes em relação ao vento, a estrutura foi reforçada com a instalação de cabos de aço, otimizando a ancoragem no solo.

TAB. 4.1 - Dimensões básicas dos módulos estudados

Componentes	Goeldi	Meteorologia
MODULO BÁSICO	$l=1,00 \text{ m}$	$l=1,22 \text{ m}$
SAPATAS	(m)	(m)
diâmetro	0,50	0,70
altura	0,45	0,45
ESTRUTURA	(m)	(m)
Seção pilar	$0,12 \times 0,12$	$0,15 \times 0,15$
viga superior	$0,06 \times 0,12$	$0,06 \times 0,15$
viga inferior	$0,06 \times 0,14$	$0,06 \times 0,20$
PAINÉIS	(m)	(m)
lateral	$1,00 \times 2,30 \times 0,08$	$1,22 \times 2,44 \times 0,08$
cobertura	$1,00 \times 3,30$	$1,22 \times 3,96$
altura cumeeira	0,16	0,32
piso	$1,00 \times 3,00 \times 0,14$	$1,22 \times 3,66 \times 0,15$
ÁREA INTERNA	$18,5 \text{ m}^2$	$27,6 \text{ m}^2$
PESO APROXIMADO	2300 kgf	3500 kgf

Com exceção da alteração na largura dos painéis e de alguns pequenos detalhes construtivos, que não interferem no estudo higratérmico, todos os módulos em madeira implantados pelo convênio UNISINOS/IBAMA/CIRM

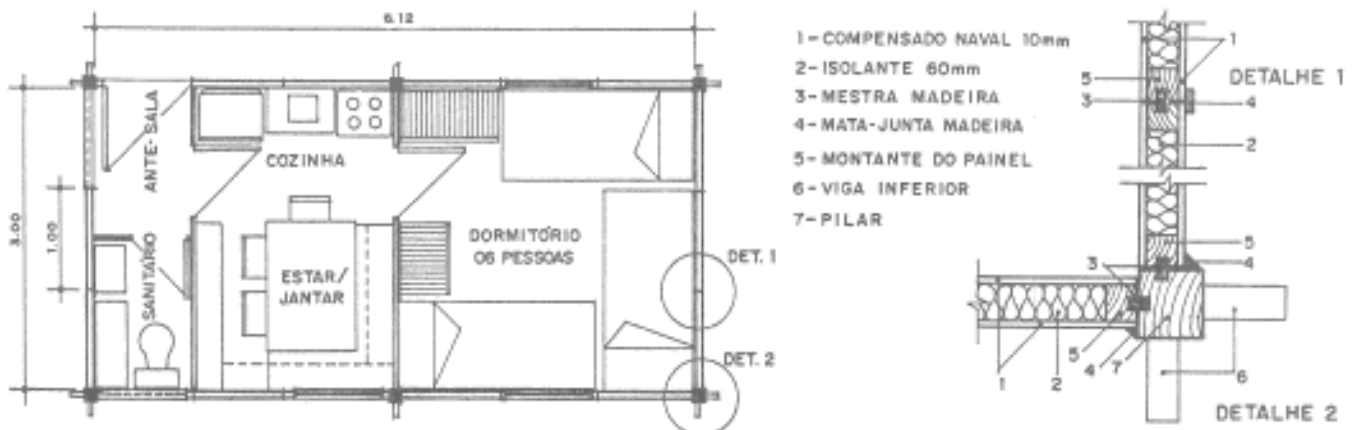


FIG. 4.1 - Planta baixa do Refúgio Emílio Goeldi e detalhes de encaixes dos painéis laterais

na Antártica seguem a técnica construtiva demonstrada nas Figuras 4.2, a 4.5 do Refúgio Emílio Goeldi.

Os módulos são projetados para serem instalados elevados da superfície (Figura 4.3), para que seja possível a ventilação, evitando-se assim o degelo do solo em função da transmissão do calor gerado no interior da edificação. Tal degelo, além de possibilitar a formação de poças de água, interferem na estabilidade estrutural da edificação pelo desnivelamento das sapatas.

A cobertura, projetada com leve inclinação (Figura 4.3), permite a ação do vento que "varre" a neve, impedindo que esta se acumule no telhado.

O módulo básico pode ser compreendido nas seguintes partes:

- a) Sapatas: em concreto com parafuso nivelador (Figura 4.2);
- b) Estrutura: pilares e vigas em madeira maciça de mogno (*swietenia macrophylla*) ou cedro (*cedrela odorata*) (Figura 4.5);
- c) Painéis de vedação: os painéis, tipo "sanduíche", são compostos por duas partes de compensado naval de 10mm e uma parte de isopor de 60mm, sendo nos painéis de cobertura e piso, deixado um espaço de ar e substituído um dos compensados de 10mm para espessura de 6mm. A estrutura dos painéis é de madeira maciça de mogno ou cedro (Figura 4.2);
- d) Divisórias: em lambri de ipê (*tabebuia serratifolia*) com 20 mm de espessura (Figuras 4.1, 4.4, 4.5 e 4.7);
- e) Revestimento: pintura interna e externa com tinta óleo, revestimento da cobertura em chapa de alumínio de 0,5 mm de espessura e, no módulo de meteorologia, revestimento do piso com tábuas corridas de ipê com 20 mm de espessura;
- f) Aberturas: janelas com esquadrias de madeira de cedro ou mogno, com vidros duplos de 5 mm, formando colchão de ar interno de 30 mm;
- g) Instalações complementares; mobiliário em madeira, instalação de antenas e equipamentos científicos, instalações elétrica e hidráulica (Figuras 4.4 e 4.7).

A madeira maciça é seca a 12% e tratada com produto preservativo contra fungos e insetos, eliminando qualquer eventual possibilidade de degradação originária do Brasil. Posteriormente, as peças são tratadas com selador para madeira a fim de impermeabilizá-las. As peças de compensado são também tratadas com produtos preservativos e pintados com tinta óleo na parte exterior na cor verde - com a todas as edificações brasileiras na Antártica - e internamente em cores claras, para diminuir a impressão de confinamento e gerar sensação de maiores dimensões em seu interior.

O tempo disponível para a montagem dos módulos é extremamente reduzido, em função das intempéries e da necessária sincronização com as demais atividades da equipe destinada à montagem. Para a otimização e exeqüibilidade dentro dos prazos disponíveis, as peças são numeradas seqüencialmente tanto para a montagem em terra como para os procedimentos de desembarque do material.

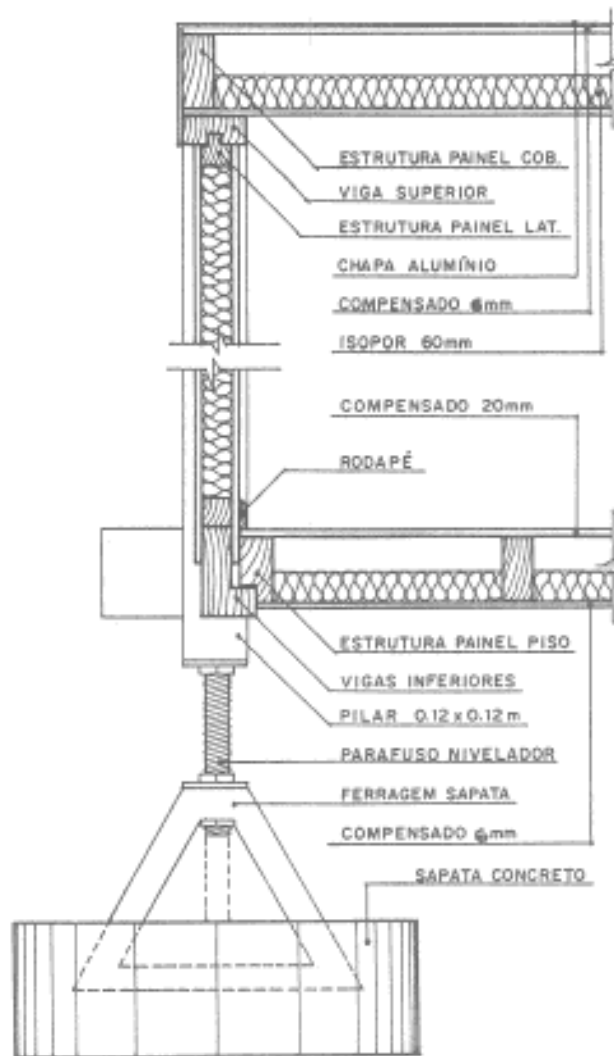


FIG. 4.2 - Seção de corte do Refúgio Emílio Goeldi

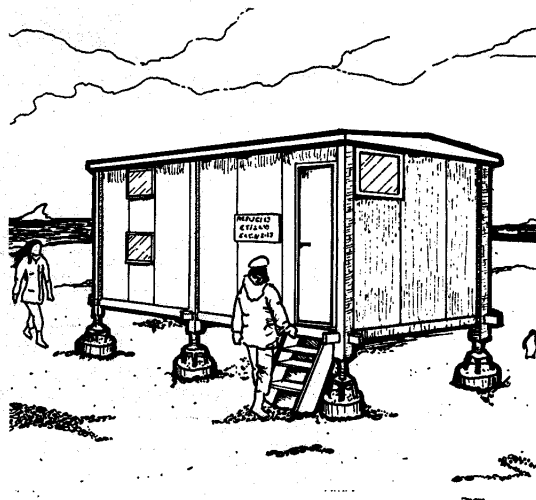


FIG. 4.3 - Croqui perspectiva externo do Refúgio Emílio Goeldi

Destaca-se que os módulos iniciais foram produzidos no LPF/IBAMA em Brasília, sendo previamente montados e ajustadas as peças, evitando eventuais falhas do sistema construtivo.

O módulo padrão permite ser montado na Antártica e mobiliado em quatro dias, ressaltando porém que as etapas básicas transporte das peças, locação das sapatas, montagem da estrutura principal e colocação dos painéis de vedação - podem ser executadas em 10 horas por nove pessoas, permitindo assim que as demais atividades possam ser desenvolvidas em segurança e ao abrigo das intempéries.

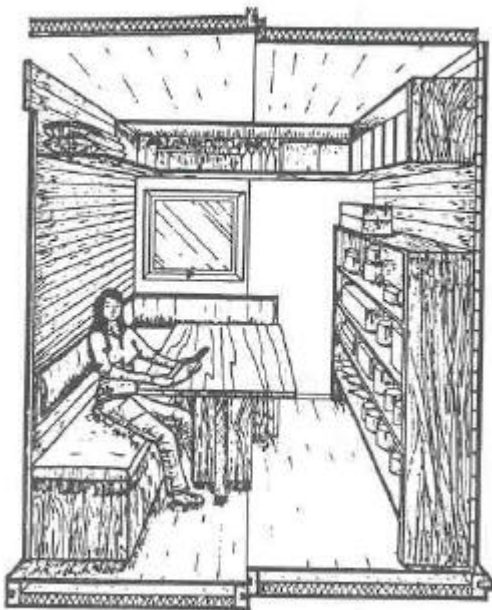


FIG. 4.4 - Croqui perspectivo interno do Refúgio Emitio Goeldi. Ambiente "estalarjantar", onde foram executadas as simulações.

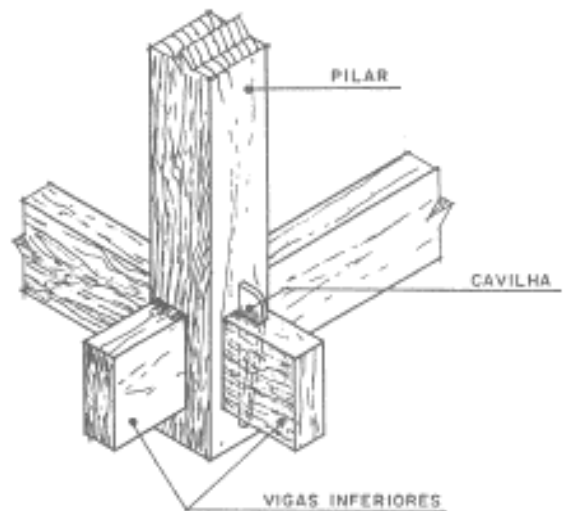


FIG. 4.5 - Detalhe de encaixe do pilar com as vigas inferiores

Verifica-se, conforme Figuras 4.2 e 4.5, ausência de elementos metálicos nas ligações principais, com exceção da união entre as sapatas e os pilares, em função da necessidade do parafuso nivelador, que torna passível a adequação do módulo à topografia local. O desenvolvimento de soluções que dispensassem os elementos metálicos objetivaram evitar as indesejáveis "pontes térmicas" e garantir maior durabilidade aos módulos, já que observações anteriores em elementos metálicos comprovaram a rápida oxidação destes em ambiente Antártico.

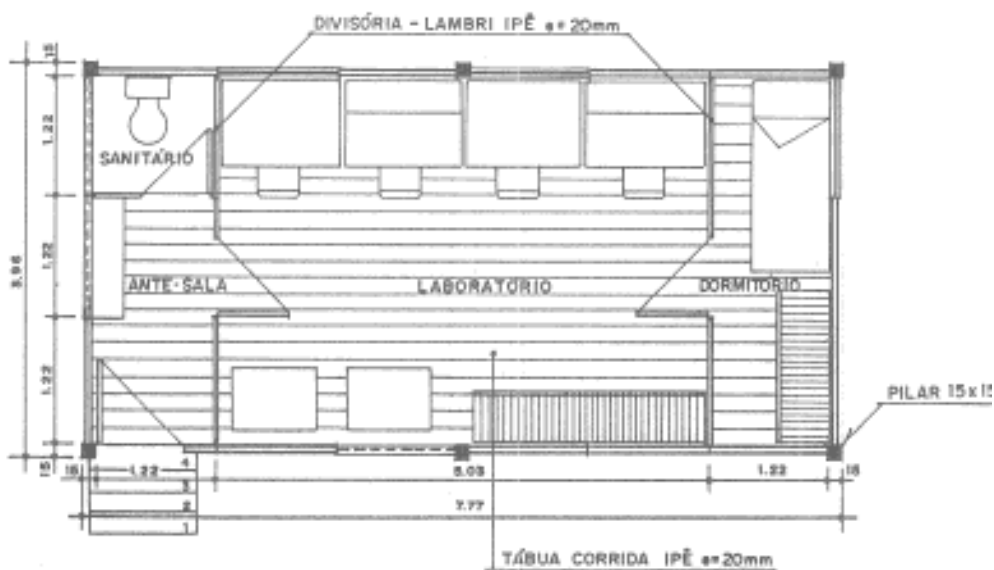


FIG. 4.6 - Planta baixa do laboratório de meteorologia

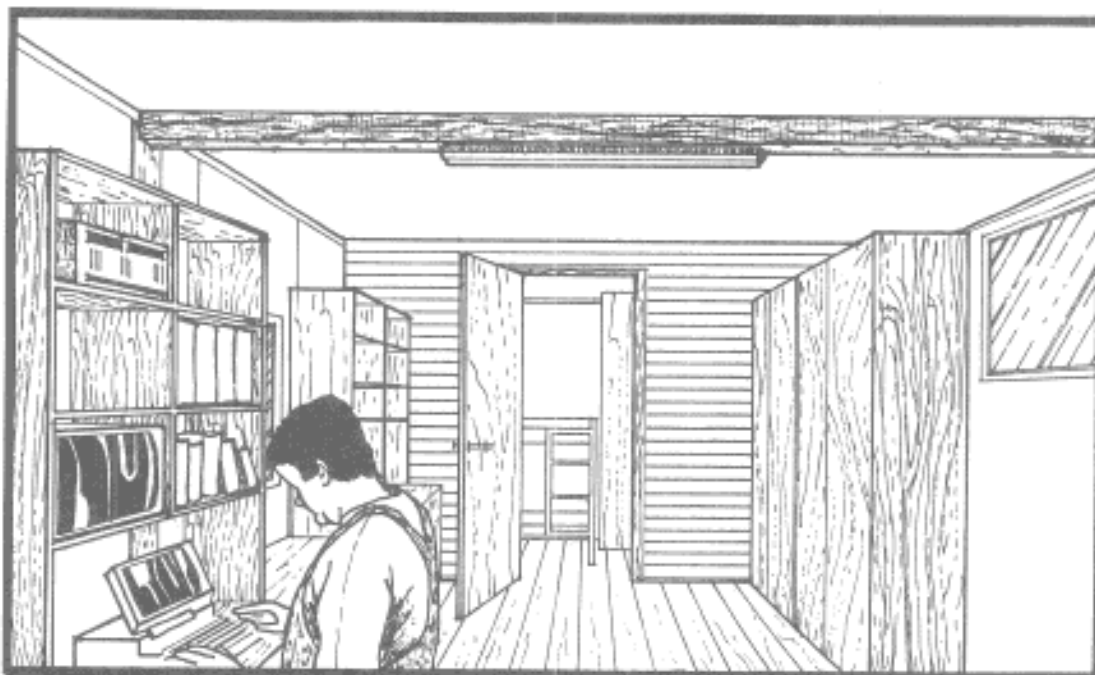


FIG 4.7 - Croqui perspectivo interno do Laboratório de Meteorologia. Ambiente "laboratório", onde foram executadas as simulações

## 5 - DESEMPENHO TÉRMICO

Para a obtenção da resposta térmica das duas edificações e avaliação do desempenho térmico do Refúgio, foi adotada a metodologia proposta por M. Akutsu [103] e utilizada correntemente no IPT na análise de sistemas construtivos. Tal metodologia envolve, basicamente, as seguintes etapas:

a) Caracterização das exigências humanas de conforto térmico: foi feito através dos procedimentos e exigências apresentados na Norma ISO 7730/84 [11]. Para tanto, adotou-se uma taxa metabólica para os ocupantes igual a 70 W/m<sup>2</sup>; índice de resistência térmica da vestimenta de 1,35 Clo, equivalente a roupas pesadas tradicionais para uso interna em instalações antárticas; velocidade do ar, no interior do ambiente menor que 0,1 m/s. Os valores dos demais parâmetros foram obtidos a partir dos resultados das simulações.

b) Caracterização das condições típicas de exposição ao clima: foi definido um "dia típico de projeto" para as condições de verão e de inverno [11] (Tabela 5.1), com frequência de ocorrência de 10%, tendo em vista as características climáticas dos períodos apresentados na Tabela 2.2. Em função dos baixos valores apresentados pelas médias mensais das temperaturas máximas diárias, não seria necessário analisar-se as edificações para a condição de verão, contudo, COMO O Refúgio é ocupado apenas neste período, definiu-se também um dia típico de verão, porém com base nos valores das temperaturas mínimas diárias. Os valores dos totais diários de radiação solar global incidente na superfície horizontal (7100 W.h/m<sup>2</sup> no verão e 200 W.h/m<sup>2</sup> no inverno), obtidos a partir dos resultados apresentados em [12].

### TRB. 5.1 - Dias típicos de verão e inverno

Horário	Temperatura (°C)	
	Verão	Inverno
1	-2.2	-18.4
2	-2.3	-18.6
3	-2.4	-18.8
4	-2.5	-19.9
5	-2.5	-19.0
6	-2.4	-18.9
7	-2.3	-18.7
8	-2.1	-18.3
9	-1.8	-17.7
10	-1.4	-17.0
11	-1.0	-16.2
12	-0.6	-15.5
13	-0.3	-14.9
14	-0.1	-14.5
15	0.0	-14.4
16	-0.1	-14.5
17	-0.2	-14.7
18	-0.5	-15.4
19	-0.8	-16.0
20	-1.2	-16.6
21	-1.4	-17.1
22	-1.7	-17.5
23	-1.9	-17.9
24	-2.0	-18.2

Ressalta-se que a velocidade média do vento adotada, conforme dados meteorológicos obtidos junto ao INPE, foi de 20 km/h. Porém, um coeficiente de variação de aproximadamente 80%, a bibliografia consultada e a experiência dos pesquisadores indicam a necessidade de um tratamento de dados diferenciado e específico para o aprimoramento da análise em questão. Observa-se que o Refúgio Emílio Goeldi encontra-se implantado em local protegido da incidência direta do vento, o mesmo não ocorrendo com o módulo de Meteorologia, que encontra-se localizado em local topograficamente elevado.

c) Caracterização da edificação e da sua ocupação. P caracterização física das edificações encontra-se definida no item 4.1.2 complementada com a Tabela 5.2, onde são apresentadas as características térmicas dos materiais adotados. Observa-se que na edificação denominada Refúgio, o ambiente analisado foi o "estar/jantar" sendo considerado o ganho de calor pelo uso do fogão, dos ocupantes e da luminária, tendo em vista ser no período de cozimento seu maior uso (Tab.S.3). Na edificação denominada Meteorologia, analisou-se o ambiente "laboratório" (Figura 4.7), sendo este considerado sem ocupantes e sem a geração de calor devido aos equipamentos, porém com condicionamento térmico

TAB. 5.2 - Propriedades térmicas dos materiais adotados [9]

Material	Condutividade Térmica W/(m.K)	Densidade kg/m <sup>3</sup>	Calor Específico J/(kg.K)
Compensado	0,13	600	1250
Poliestireno	0,034	15	1214
Nogueira/Cedro	0,15	600	1630
Ipê	0,23	1000	1250
Alumínio	120	2750	900

TPB. 5.3 - Ocupação do Refúgio Emílio Goeldi

Equipamento	Período (h)
01 lâmpada 60 W	18-22
01 fogão 04 bocas	7-7:30; 12-13; 18-19
01 geladeira 430 l	integral

Ocupantes	Período (h)
04 pessoas	7-7:30; 12-13; 18-23

d) Caracterização do comportamento térmico da edificação: foram executadas simulações em computador, utilizando-se o programa NBSLD [13]. Para o Refúgio, determinou-se o perfil horário da temperatura e da umidade do ar interior e a temperatura radiante média do ambiente. Para o Laboratório, foram calculadas as cargas térmicas de aquecimento necessárias para manter a temperatura interna, durante todo o dia, em 15°C;

e) P avaliação do desempenho térmico da edificação: a partir dos resultados obtidos, na etapa anterior, foi feita a avaliação do desempenho térmico do Refúgio.

5.1 - Simulações

No período ocupado, foram obtidas os seguintes resultados para a Refúgio: umidade relativa média, de 80%, temperatura radiante média do ambiente menor, em média, 1°C que a temperatura do ar. Na Figura 5.1 é apresentado o comportamento da temperatura do ar interior, do ar exterior e da radiante média deste ambiente. Na Figura 5.2, são apresentadas as temperaturas superficiais de alguns dos elementos que compõem sua envoltória.

Na Figura 5.3, é apresentada a carga térmica necessária para a manutenção da temperatura interna do módulo laboratório em 15°C, durante o dia todo.

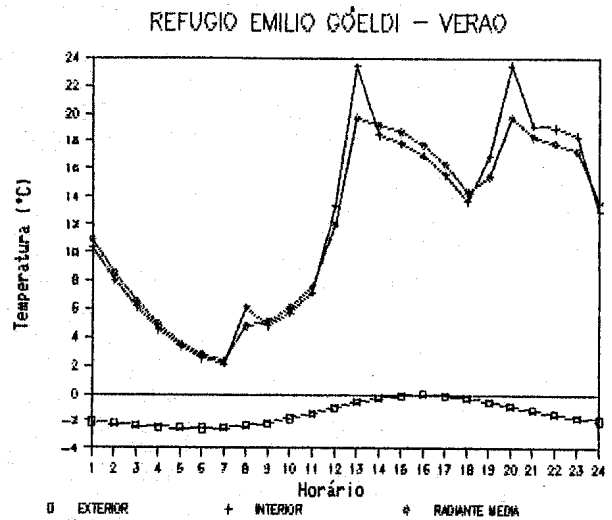


FIG. 5.1 - Temperaturas do ar exterior e interior do Refúgio Emílio Goeldi para situação de verão.

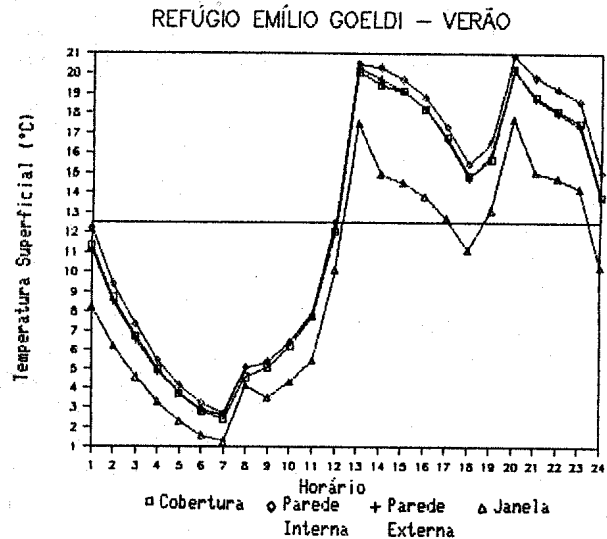


FIG 5.2 - Temperaturas superficiais internas dos elementos de vedação do Refúgio Emílio Goeldi para a situação de verão.

LABORATORIO DE METEOROLOGIA - INVERNO

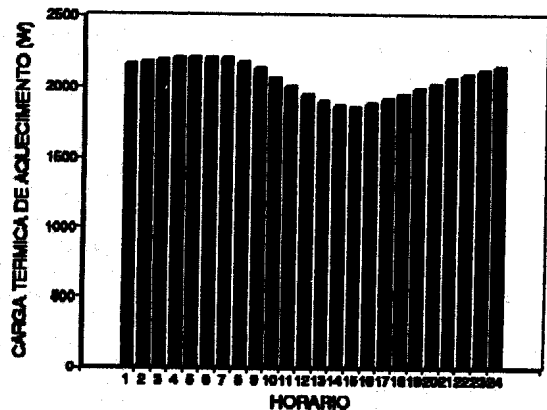


FIG. 5.3 - Carga térmica de condicionamento para o Laboratório de Meteorologia para o dia típico de inverno.



## 5.2 - Análise dos Resultados

### 5.2.1 - Refúgio

Para o Refúgio, com base nos valores da temperatura e umidade relativa do ar, na temperatura radiante média e naqueles definidas em a) do item 4, serão obtidas condições satisfatórias de conforto térmico com temperatura do ar interior maior ou igual a 15°C. Desta forma, conforme pode ser verificado na Figura 5.1, são obtidas condições satisfatórias de conforto térmico de aproximadamente 12h30min à 16h30min e de 18h30min à 23h30min, correspondente a grande parte do período de ocupação. Observa-se que somente durante o café da manhã, embora haja ocupação e equipamentos em funcionamento, o conforto não é alcançado. É importante ressaltar que os valores mais elevados da temperatura do ar interior são provocados, basicamente, pela geração interna de calor dos equipamentos e ocupantes.

Ressalta-se ainda que no período de ocupação do dormitório contíguo ao ambiente analisado (de 23h a 7h), o uso restringe-se a "dormir", estando os ocupantes reunidos, eventualmente com luzes acesas e protegidas contra o frio com pesados cobertores. Espera-se prosseguir nos estudos relacionados ao desempenho higrotérmico da edificação, principalmente para este ambiente. O comportamento da temperatura do ar interior, elevando-se rapidamente ao iniciar-se a ação de fontes internas de calor e reduzindo-se da mesma forma quando desativadas, indica uma característica de inércia térmica baixa para a edificação. Tal característica é determinada pela presença de componentes com alta resistência térmica e inexistência de elementos que apresentem elevada capacidade térmica. Contudo, como a temperatura do ar exterior é sempre muito menor que a temperatura do ar interior provocada pelas fontes de calor existentes, tem-se somente perdas de energia pela envoltória do ambiente, que devem ser reduzidas para melhorar o desempenho térmico da edificação. Neste sentido, o uso de elementos fortemente isolantes é adequado, devendo-se otimizar a sua resistência térmica. É interessante observar ainda que a pequena diferença entre as temperaturas superficiais de paredes internas, externas e cobertura, é explicável, basicamente, pelas suas resistências térmicas próximas, velocidade do vento reduzida na face externa das paredes expostas e a presença de fontes internas de calor que aquecem de maneira aproximadamente uniforme o ambiente. As menores temperaturas superficiais das janelas são devidas à sua menor resistência térmica. Entretanto, considerando-se as condições de temperatura e umidade relativa interna médias, verifica-se uma temperatura de ponto de orvalho de 12,5°C, que não é alcançada em aproximadamente metade do dia, ocasionando risco de ocorrer condensação nas superfícies neste período.

### 5.2.2 - Laboratório

Os valores baixos das cargas térmicas de aquecimento observados para o laboratório, se considerarmos as condições de, um inverno antártico, podem ser explicados visto estarem sendo consideradas situações otimizadas de vedação do recinto e, conseqüentemente, baixa

de infiltração de ar externo e exposição a vento de baixa velocidade. Depara-se no entanto, com declarações e relatórios dos usuários em que verifica-se a ineficiência dos equipamentos elétricos para manterem a temperatura interna a nível considerado como de conforto.

Os estudos desenvolvidos através das simulações possibilitam o levantamento de hipóteses quanto às eventuais falhas no sistema construtivo devendo, numa etapa posterior, serem consideradas as cargas térmicas oriundas dos equipamentos instalados e a constatação dos eventuais pontos de infiltração de ar exterior. Não foi feita análise com relação à eficiência e regime de utilização do equipamento de aquecimento, devendo tal procedimento ser considerado nos estudos subseqüentes, com base nas medições "in loco", em andamento.

## 6 - COMENTÁRIOS FINAIS

Os estudos referentes ao comportamento térmico das edificações em madeira na Antártica encontram-se em fase de desenvolvimento, sendo no módulo de Meteorologia, executadas medições sistemáticas da distribuição da temperatura do ar e levantamento da capacidade instalada dos equipamentos de condicionamento que, conforme relato dos usuários, demonstrou ser insuficiente para manter a temperatura do ar interno no nível desejado.

Os resultados obtidos através das simulações para o Refúgio Goeldi confirmaram as expectativas de projeto com relação ao desempenho térmico, possibilitando o repasse da técnica construtiva, permitindo sua produção seriada.

O aprimoramento desta análise depende também de uma sistematização da coleta de dados de todas as variáveis climáticas envolvidas no processo de avaliação de desempenho térmico, que conforme foi citado ao longo do texto, ainda não representam uma fonte de dados plenamente utilizável para este fim.

### BIBLIOGRAFIA

- 01 - ALVAREZ, C. E. Antártica: Origem de uma Nova Arquitetura. São Leopoldo: UNISINOS, 1986.
- 02 - ALVAREZ, C. E. & MELO, J. E. Refúgio Antártico. In Anais do III EBRAMEM. Julho 1989. São Carlos, 5P: EESC/USP. 1989.
- 03 - CHILD, Jack. Antarctica and South American Geopolitics. New York: Greenwood Press, 1988.
- 04 - PEREIRA, Enio & KIRCHHOFF, Volker M. J. H. O Inpe na Antártica. São José dos Campos - SP, Transtec Editorial, 1992.
- 05 - CAPOZOLI, U. Antártida, a última Terra. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1991.
- 06 - OLIVETTI. Antártica: o Sexto Continente. s.l. Olivetti do Brasil: 1982. (Edição Especial)

- 07 - Dados obtidos junto ao subprojeto 9618 pertencente ao PROANTAR: Meteorologia na Estação Antártica Comandante Ferraz, (INPE, CNPq)
- 08 - PARKER, B. C. Conservation Problems in Antártica. Virginia: Allen Press Inc.; 1972.
- 09 - AKUTSU, Maria; SATO, Neide M. N. A PEDROSO, Nelson G. Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais e Escolares: Manual de Procedimentos para Avaliação. São Paulo, IPT Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1987. (Publ. IPT 1732)
- 10 - AKUTSU, Maria. Recursos para Previsão do Desempenho Térmico de uma Edificação. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES, USP - SP, 1389. Anais. SP, Escola Politécnica da USP, 1989. 109 - 125
- 11 - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD Indices and specification of the Conditions for Thermal Comfort, 1584. (ISO 7730/84)
- 12 - ORVIG, S. Climate of the Polar Regions. Elsevier Publ. Co., 1970
- 13 - KUSUDA, T. NBSLD. The Computer Program For Heating and Cooling Loads in Buildings. Washington, D.C., U.S. Dep. of Commerce, Eltrot L. Richardson, 1976. (Building Science Series 69)