

# Análise do desempenho térmico de edificações: em busca de uma arquitetura mais sustentável

Ana Eliza Pereira Fernandes

Arquiteta, Especialista em Ciência da Computação (UCPel), Mestre em Arquitetura (UFRGS), Docente ICET/Feevale e PUCRS Centro Universitário Feevale, Campus II: RS 239, 2755 - Novo Hamburgo/RS Cep 93352-000 Fone: 51 5868800, ramal 8693

## Resumo

Este trabalho buscou analisar o desempenho térmico de uma das edificações que constituem o projeto do Centro de Educação Profissional, a ser construído no município de Feliz, Rio Grande do Sul, Brasil. Para a realização deste estudo, foram utilizadas três ferramentas: a Carta Bioclimática de Givoni e as Tabelas de Mahoney (consideradas ferramentas tradicionais) e o software DEROB-LTH - Dynamic Energy Response of Building. Em uma primeira análise foram considerados os materiais e as técnicas construtivas especificados no projeto original. Posteriormente, foram propostas algumas alterações e 06 diferentes simulações foram realizadas, buscando verificar qual delas apresentaria o melhor desempenho do ponto de vista do conforto térmico. Através da análise dos resultados alcançados com as simulações, pôde-se confirmar que a proposta original, denominada Caso Base, foi a que apresentou os melhores resultados, sendo que também foi possível observar que o comportamento térmico desta edificação será melhor no inverno do que no verão. Os resultados e as análises alcançados com este estudo estão descritos a seguir.

## Palavras-chave

Conforto térmico, escola, sustentabilidade.

# Abstract

The increasing exigencies in relation of the quality of effluent to be lanced are made the studies and application of different technologies for the improvement of treatise systems. The removal of mayor compounds like Nitrogen and Phosphorus made rooted a good alternative because your high efficiency and low costs. There are few studies about the application of rooted in the pos-treatment of agro-industries effluents. By this way, this work made the characterization of the use of rooted in the pos-treatment throughout bibliographic revision. Inner in the agro industries are lacticines, tinned food, slaughter-house, frigorific and tanning. The action of rooted is symbiosis interaction with the plants and micro-organisms that transform the pollutants in nourishing that are absorbed by the roots of the plants. The pos-treatment with rooted is efficient over the previous removal of high index of organic compounds.

## Key words

Thermal comfort, school, sustainability.

# 1. Arquitetura e sustentabilidade

A sustentabilidade caracteriza-se como um vasto campo que leva em consideração tanto os aspectos sociais, culturais, políticos e econômicos de um local, como os aspectos ambientais. Apesar deste enfoque ser relativamente novo para o setor da construção no Brasil, a sustentabilidade vem sendo estudada há algumas décadas em outros países.

Do ponto de vista ambiental, construir algo verdadeiramente sustentável começa com o uso de materiais naturais e, para ser verdadeiramente sustentável, um projeto deve alcançar um alto nível de independência energética (CHIRAS, 2000).

Captação e uso racional de água, energia proveniente de fontes renováveis com captação e uso racional, seleção de materiais menos impactantes ao ambiente com conseqüente minimização de perdas e reutilização, maximização da durabilidade da edificação e sistemas mais ecológicos de tratamento de resíduos, também são alguns dos aspectos que devem estar entre os esforços necessários na tentativa de se criar espaços mais sustentáveis para se viver. Deixar a natureza fazer o seu trabalho e usá-la como modelo e contexto são algumas estratégias que devem ser utilizadas na busca por processos mais regenerativos (LYLE, 1994). Assim, a questão a ser respondida é: será que a maneira como a arquitetura vem sendo produzida e os materiais que vêm sendo utilizados na sua produção estão buscando alcançar estes resultados?

Segundo SZOKOLAY (1997), muitos materiais utilizados no setor da construção são insustentáveis, gerando impactos no meio ambiente, já que se caracterizam pelo uso de recursos esgotáveis, além de uma alta energia incorporada, transformando os edifícios nos maiores contribuintes da deterioração ambiental. Como exemplos, o aço, com 10 kWh/kg; o cobre, com 16 kWh/kg; a fibra de vidro, com 49 kWh/kg; o alumínio, com 46-56 kWh/kg; e o PVC, com 80 kWh/kg. No momento da definição e especificação dos materiais que constituirão a edificação, é de fundamental importância especificar aqueles que respondem, da melhor forma possível, às principais premissas da sustentabilidade: baixa energia incorporada (no processo de fabricação), uso eficiente de fontes renováveis, baixa geração de poluição, natureza e reciclabilidade, produção através de indústrias ambientalmente responsáveis, produção local, não-toxicidade, durabilidade, estética e custo (CHIRAS, 2000).

Não há dúvida de que o novo milênio necessita de soluções que visem à coesão social com o desenvolvimento da economia local e à conservação dos recursos naturais. Os arquitetos possuem em suas mãos a grande responsabilidade de projetar, de uma forma mais sustentável, respeitando a natureza, sem danificar o planeta, buscando projetos que visem à permacultura<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Permacultura= agricultura + permanente. Termo surgido na década de 1970, através dos australianos Bill Mollison e David Holmgren, cujo conceito caracteriza-se pelo desenvolvimento de projetos ambientais que utilizam métodos ecologicamente saudáveis, economicamente viáveis, que respondam às necessidades básicas, sem explorar ou poluir o meio ambiente, e que se tornem auto-suficientes em longo prazo. Entende-se que tanto o habitante, quanto a sua moradia e também o meio ambiente em que está inserido, fazem parte de um mesmo e único organismo vivo.

Como MOLLISON (1994) disse,

“Eu não acredito que as pessoas tenham percebido o que está acontecendo com o planeta Terra. O que está realmente acontecendo é alguma coisa que nós, seres humanos, somos pessoalmente responsáveis. Os sistemas reais que estão começando a entrar em colapso são os solos, as florestas, a atmosfera, os ciclos dos nutrientes”.

É tempo de mudanças urgentes. Este é o momento de se colocar em prática todas as teorias sobre sustentabilidade. É tempo de mostrar que é realmente possível produzir uma boa arquitetura, uma arquitetura que busque ser o mais sustentável possível. Afinal, como diz um provérbio africano: “Nós não somos os donos da Terra.

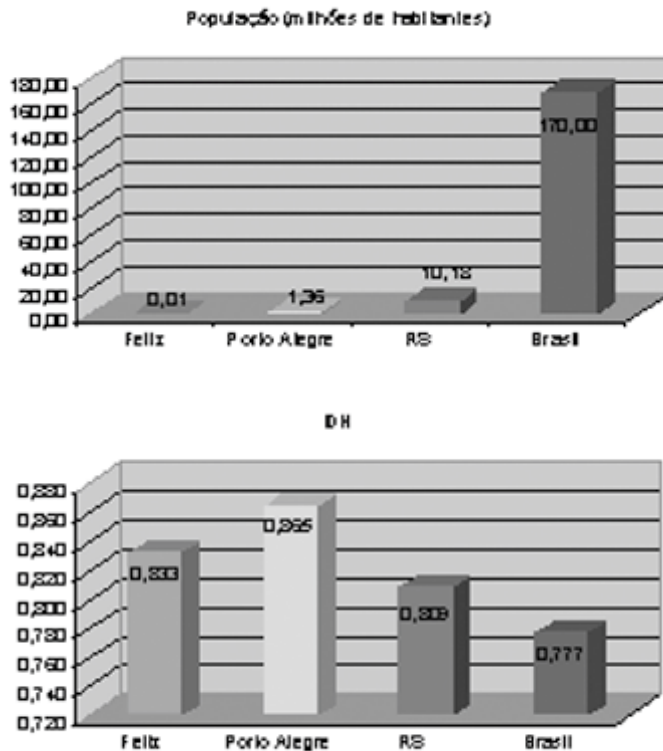
Nós estamos apenas cuidando da herança dos nossos netos”. Não há tempo a perder; que cada um comece, agora, a fazer a sua parte.

## 2. O objeto de estudo

Este trabalho foi desenvolvido na Universidade de Lund, na Suécia, e o objeto de estudo escolhido foi uma das edificações que constituem o projeto do Centro de Educação Profissional, cujo terreno localiza-se no município de Feliz, estado do Rio Grande do Sul. Situada há aproximadamente 85 km ao norte de Porto Alegre, a cidade de Feliz possui uma população em torno de 11.400 habitantes (IBGE, 2003) e apresenta um alto IDH Índice de Desenvolvimento Humano se comparado com os demais municípios brasileiros (Figuras 1, 2 e 3).



Figura 1 Mapa do RS com os municípios de Porto Alegre (1) e Feliz (2).  
Fonte: Internet, adaptado pela AUTORA, 2003.



Figuras 2 e 3 População e IDH (Feliz, Porto Alegre, Rs e Brasil).  
 Fonte: AUTORA, 2003.

O projeto em questão, aprovado pelo Ministério da Educação, foi desenvolvido por uma equipe de profissionais do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação NORIE da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que, juntamente com outros profissionais colaboradores, tiveram a tarefa de inserir conceitos sustentáveis ao mesmo. A obra, quando concluída, será administrada pela Fundação de Educação Profissional do Vale do Rio Caí, cujos membros são representativos de 20 municípios da região e atenderá, aproximadamente, a 2000 alunos dos municípios localizados ao redor daquele rio.

Conforme SATTLER (2003), o principal foco do projeto foi a preservação ambiental e a busca da sustentabilidade da região, através do estabelecimento de uma relação entre natureza e ser humano. Entre as diretrizes gerais e específicas que o projeto buscou contemplar, estão o uso eficiente dos recursos disponíveis, a definição de múltiplas funções para cada elemento proposto, a utilização da natureza como modelo e o respeito pela cultura local e pelas características sociais.

Localizado em um terreno amplo (Figura 4), o programa de necessidades caracteriza-se por salas de aula, laboratórios, auditório, biblioteca, bar, cozinha experimental, sanitários, administração, estufas, espaços abertos, entre outros ambientes, configurando uma área total de 3670 m<sup>2</sup> (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9).



Figura 4 O terreno onde o projeto será implantado.  
Fonte: GAUER, 2003.

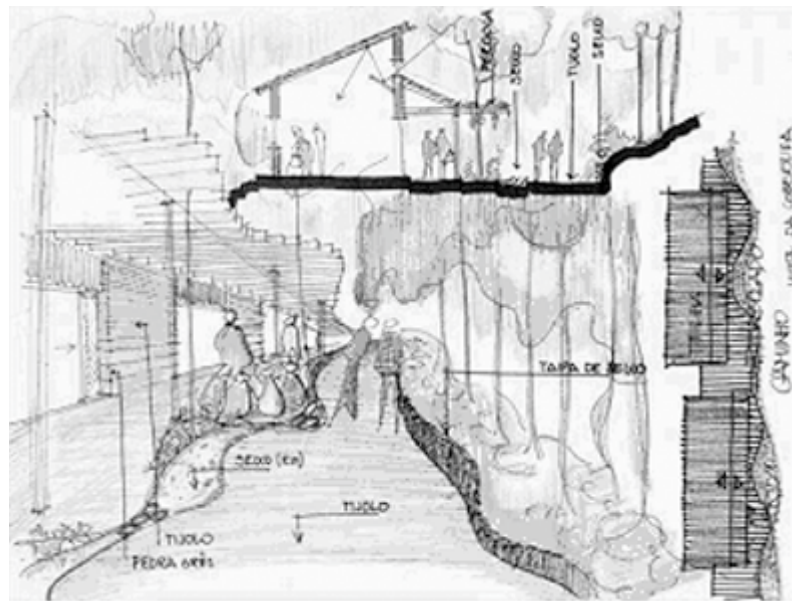


Figura 5 O Centro de Educação Profissional: espaços abertos “caminhos”  
buscando a integração do projeto com o meio ambiente.  
Fonte: GAUER et al, 2003.

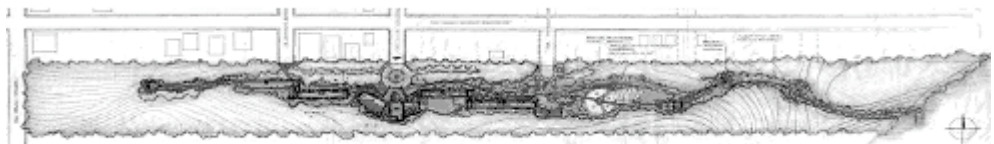


Figura 6 - O Centro de Educação Profissional: a implantação do projeto e a edificação analisada.  
Fonte: GAUER et al, 2003.



Figuras 7, 8 e 9 Planta baixa, fachada e corte da edificação estudada.  
 Fonte: GAUER et al, 2003.

### 3. O método

A avaliação do desempenho térmico do objeto de estudo foi realizada mediante a utilização de três diferentes ferramentas de análise: a Carta Bioclimática de Givoni, as Tabelas de Mahoney e o software DEROB-LTH. Inicialmente, os dados climáticos do município de Porto Alegre (Normais Climatológicas, 1961-1990) foram analisados através da utilização da Carta Bioclimática de Givoni para, posteriormente, serem analisados através das Tabelas de Mahoney (não foi possível a utilização dos dados climáticos do município de Feliz, devido à inexistência de informações completas). Em um terceiro momento, estes mesmos dados foram fornecidos ao software DEROG-LTH. Cada uma destas etapas será comentada a seguir.

**3.1 CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI:** as doze linhas existentes na carta representam o comportamento do clima do município, ao longo dos doze meses do ano, através do cruzamento de dados de temperatura do ar (bulbo seco) e umidade relativa. O polígono central (C) é denominado Zona de Conforto e os demais polígonos, em linhas tracejadas, referem-se às estratégias necessárias para se alcançar a Zona de Conforto (AC, ar condicionado; DH, desumidificação; EC, resfriamento evaporativo; H, aquecimento artificial; I, inércia térmica; IG, ganhos internos de calor; INV, alta inércia e ventilação noturna; V, ventilação). Com esta carta é possível verificar quais os períodos do ano que se encontram ou não em conforto térmico e quais as diretrizes de projeto que devem ser utilizadas na tentativa de se obter melhores resultados relacionados ao conforto térmico (Figuras 10 e 11).

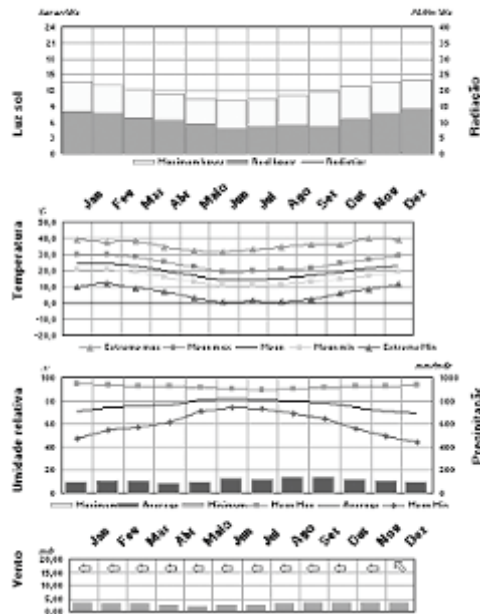


Figura 10 - Dados climáticos de Porto Alegre (1961-1990): horas de sol, temperatura, umidade relativa, precipitação, vento. Fonte: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 2003

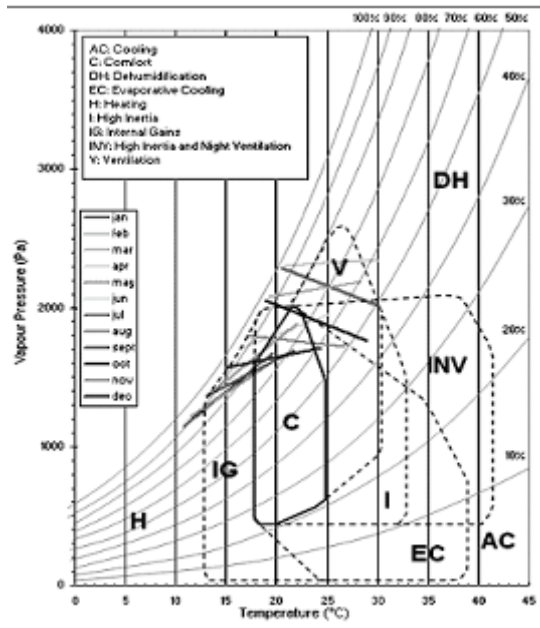


Figura 11 - Carta Bioclimática: a maior parte do ano localiza-se fora da Zona de Conforto, sendo fundamental o estudo de estratégias que alcancem um melhor desempenho térmico dos edifícios. Fonte: AUTORA, 2003



**3.2 TABELAS DE MAHONEY:** com esta ferramenta de análise, através dos dados climáticos, é possível obter recomendações gerais e específicas para o objeto de estudo em função do tipo de clima local, tornando possível verificar se estas recomendações são contempladas pelo projeto arquitetônico.

**3.3 SOFTWARE DEROB-LTH:** através do uso deste software (Figura 12), é possível modelar em três dimensões o objeto de estudo e verificar o comportamento térmico do edifício, através da realização de simulações. O software permite a alteração de algumas características do projeto, como os materiais utilizados (tipos, cores, propriedades e espessuras), a orientação (tanto solar como do vento), as superfícies (dimensões e formas) e os dispositivos de sombreamento. Por outro lado, apresenta algumas limitações relacionadas ao número de ambientes e superfícies que podem ser analisadas simultaneamente. Em função disso, foram realizadas simulações apenas no edifício destinado às salas de aula e aos laboratórios, pois foram considerados os espaços que, provavelmente, serão os mais utilizados pelos usuários (Figura 13).

Para realizar as simulações, foram criadas configurações específicas para as alvenarias, aberturas, cobertura e piso dos sete compartimentos modelados, que caracterizam o objeto de estudo (tabelas 1 e 2). Estes compartimentos foram nomeados (C01 a C07) e os parâmetros gerais considerados podem ser vistos nas tabelas 3 e 4, assim como a infiltração e os ganhos internos, relacionados àqueles períodos do dia em que acontecerão atividades.

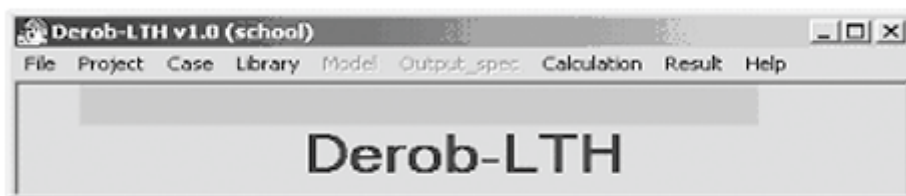


Figura 12 A tela de abertura do software DEROB-LTH.  
Fonte: HASSE, 2003.

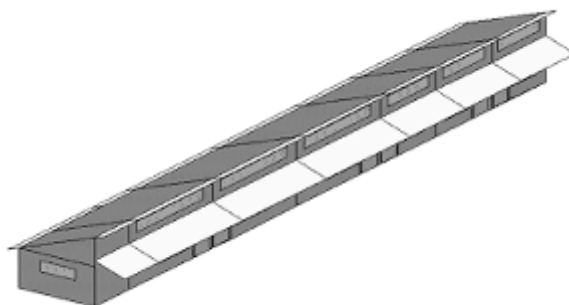


Figura 13 Os sete volumes modelados através do software DEROB-LTH.  
Fonte: AUTORA, 2003.

Tabela 1 - Os materiais e os sistemas utilizados para modelar o objeto de estudo.  
Fonte: AUTORA, 2003.

Componente	Materiais e sistemas	Espessura (mm)
Piso	Terra+areia+argamassa+cerâmica	500+10+20+3
Alvenaria externa	Tipo 01: tijolo+camada de ar+tijolo	100+50+100
	Tipo 02: tijolo+camada de ar+tijolo+reboco	100+50+100+25
	Tipo 03: tijolo+camada de ar+tijolo+argamassa+cerâmica	100+50+100+25+3
Alvenaria interna	Tipo 01: argamassa+tijolo+argamassa	25+200+25
	Tipo 02: argamassa+tijolo+argamassa+cerâmica	25+200+25+3
Cobertura	Telha+alumínio+camada de ar+forro em madeira	20+2+80+20
Porta	Madeira+camada de ar+madeira	10+20+10

Tabela 2 - Os materiais especificados no projeto: Caso Base.  
Fonte: AUTORA, 2003.

Componente	Principais materiais do edifício
Alvenarias	Tijolos (sistema Eckert)
Pisos	Cerâmica
Janelas	Madeira e vidro
Forros	Madeira
Coberturas	Telha cerâmica

No cálculo dos ganhos internos, foi considerado o calor proveniente dos usuários (125 W por pessoa), das lâmpadas (06 W/m<sup>2</sup>) e dos equipamentos (150 W/m<sup>2</sup> por computador). Os valores foram os mesmos para os compartimentos 1, 2, 3, assim como para os compartimentos 4, 5 e 6. Durante o inverno, as aberturas foram consideradas fechadas, sendo considerada apenas uma pequena infiltração. Durante o verão, as aberturas foram consideradas fechadas apenas durante aqueles períodos sem atividades (das 12h às 14h e das 22h às 7h). Para este cálculo, foi utilizada uma fórmula estipulada por PUPPO, que considera a ventilação cruzada (tabelas 3 e 4).

Além do Caso Base, que considerou as especificações do projeto original, seis outros casos foram simulados, buscando verificar qual apresentaria os melhores resultados e, conseqüentemente, o melhor desempenho térmico. Entre os laboratórios (compartimentos 01, 02 e 03), o compartimento 01 foi o escolhido para a análise dos resultados, já que possui um número maior de alvenarias externas, e poderia desta forma, apresentar resultados menos satisfatórios. Entre as salas de aula estudadas (compartimentos 04, 05 e 06), o compartimento 05 foi o escolhido, já que se encontra entre outras duas salas de aulas, situação bem diferenciada em relação ao compartimento 01.

Tabela 3 - Os compartimentos analisados com os respectivos valores de infiltração e ganhos internos no inverno Caso 01. Fonte: AUTORA, 2003.

Período (h)	C01=C02=C03 Laboratórios		C04=C05=C06 Salas de aula		C07 Sanitário	
	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**
01-06	0.5	0	0.5	0	0.5	0
07-11	0.5	1616	0.5	5578.5	0.5	1379.6
12-13	0.5	0	0.5	0	0.5	0
14-21	0.5	1616	0.5	5578.5	0.5	1379.6
22-24	0.5	0	0.5	0	0.5	0

\* ACH = trocas de ar por hora \*\* W = watts

Tabela 4 - Os compartimentos analisados com os respectivos valores de infiltração e ganhos internos no verão Caso 01. Fonte: AUTORA, 2003.

Período (h)	C01=C02=C03 Laboratórios		C04=C05=C06 Salas de aula		C07 Sanitário	
	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**	Infiltração (ACH)*	Ganhos internos (W)**
01-06	0.5	0	0.5	0	0.5	0
07-11	82.38	1616	78.6	5578.5	0.62	1379.6
12-13	0.5	0	0.5	0	0.5	0
14-21	82.38	1616	78.6	5578.5	0.62	1379.6
22-24	0.5	0	0.5	0	0.5	0

\* ACH = trocas de ar por hora \*\* W = watts

Os resultados relacionados ao volume 7 não serão comentados, pois não foram considerados importantes, já que este volume caracteriza-se por ser o sanitário.

As seis simulações realizadas levaram em consideração as seguintes situações:

**Caso 01:** as janelas originais (vidro incolor, 4 mm) foram substituídas por janelas com vidro duplo e camada de ar (vidro incolor de 4 mm + camada de ar de 20 mm + vidro incolor de 4 mm).

**Caso 02:** as alvenarias externas originais (tijolo com 100 mm + camada de ar de 50 mm + tijolo com 100 mm) foram substituídas por um sistema convencional (tijolo de 250 mm, sem isolante térmico).

**Caso 03:** as alvenarias externas originais (tijolo com 100 mm + camada de ar de 50 mm + tijolo com 100 mm) foram substituídas por um sistema com isolante térmico (tijolo com 100 mm + lã mineral com 50 mm + reboco com 15 mm).

**Caso 04:** a cobertura original (telhas com 20 mm + alumínio com 02 mm + camada de ar com 80 mm + forro em madeira com 20 mm) foi substituída por uma cobertura simples (telha com 20 mm + forro em madeira com 20 mm).

**Caso 05:** a cobertura original (telhas com 20 mm + alumínio com 02 mm + camada de ar com 80 mm + forro em madeira com 20 mm) foi substituída por uma cobertura simples mas com isolante térmico (telhas com 20 mm + lã mineral com 50 mm + forro em madeira com 20 mm).

**Caso 06:** um caso misto; uma combinação entre os casos 01, 03 e 05.

Torna-se importante comentar que todos os casos foram simulados, tanto no verão, quanto no inverno. Como o clima característico do município de Feliz é o clima temperado, é fundamental que a edificação apresente um bom desempenho em ambas as estações. Junho e dezembro foram os meses escolhidos para a realização das simulações, pois são meses de atividades escolares.

## 4. Os resultados

**4.1 CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI:** analisando esta carta, foi possível verificar que apenas um pequeno percentual de dias localiza-se dentro da Zona de Conforto, o que significa que é necessário o uso de algumas estratégias de projeto para alcançar o conforto térmico. Segundo Givoni, para este caso, a estratégia mais importante a ser utilizada no verão é a ventilação e, no inverno, ganhos internos e massa térmica (Figura 11).

**4.2 TABELAS DE MAHONEY:** foi possível verificar que as recomendações obtidas através da análise destas tabelas foram contempladas pelo projeto original: orientação leste-oeste do eixo longitudinal do edifício, ventilação permanente, aberturas médias (20 a 40% do tamanho da fachada) orientadas para norte e sul, coberturas com isolamento térmico, entre outras.

**4.3 DEROB-LTH:** o uso desta ferramenta possibilitou verificar se outros sistemas construtivos poderiam apresentar um melhor desempenho térmico, do que aqueles descritos no projeto original - Caso Base. Apesar do software também permitir a alteração dos materiais de construção, foram mantidos aqueles especificados no projeto original, já que o edifício foi projetado levando em consideração o uso de materiais locais (uma das premissas da sustentabilidade, que visa a um menor impacto ambiental<sup>2</sup>). As simulações foram realizadas considerando a densidade populacional máxima das salas de aula (44 usuários em cada sala e 10 usuários em cada laboratório) e as janelas foram consideradas abertas durante o verão (apenas nos períodos em que haverá atividades na escola) e fechadas durante o inverno. Como o software não leva em consideração a iluminação natural, as lâmpadas foram consideradas acesas durante todo o dia.

---

<sup>2</sup> A atividade da construção civil altera o meio ambiente em que se vive, transformando a paisagem, sendo fundamental a busca por processos mais sustentáveis. Segundo MALIN (2000, p. 138), a sustentabilidade de um edifício inicia com a qualidade de seus materiais, medida pelo seu impacto no meio ambiente, considerando todo o seu ciclo de vida (extração, manufatura, construção, ocupação e decomposição). Entre os principais elementos a serem considerados, encontram-se a escassez da matéria-prima, os danos ecológicos causados pela extração da matéria-prima, o consumo de energia em todas as fases do edifício, o consumo de água e as emissões de gases prejudiciais.

## SIMULAÇÕES - VERÃO:

Janelas: nesta simulação, a janela com um único vidro foi substituída por uma com vidro duplo, sendo mantido o tipo de vidro especificado. Pôde-se verificar que a janela com vidro duplo manteve a temperatura interna mais alta do que aquela com vidro simples (Figura 14).

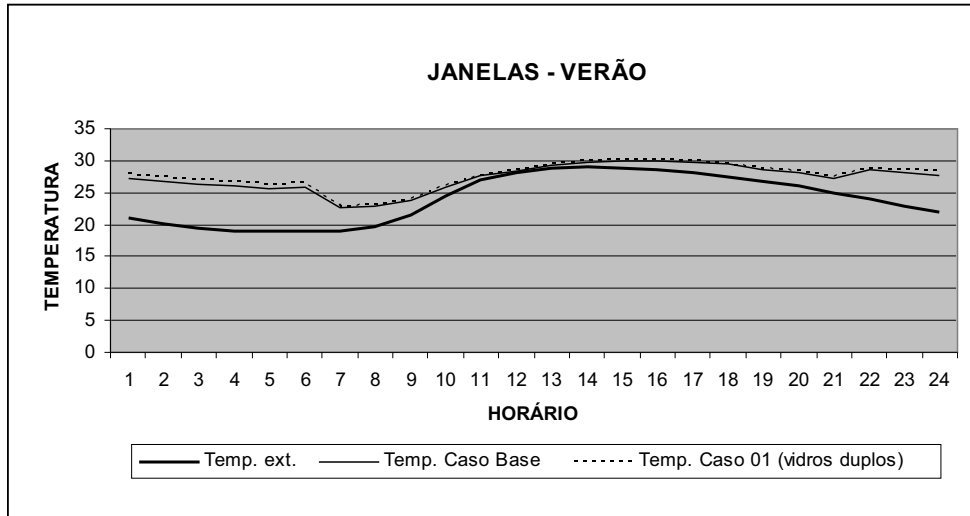


Figura 14 Desempenho das janelas no verão.  
Fonte: AUTORA, 2003.

## PAREDES:

Nesta simulação, as diferenças apresentadas foram muito pequenas e variaram de acordo com o período do dia. O Caso Base e o Caso 02 apresentaram desempenhos semelhantes durante quase todo o dia, e o Caso 03 alcançou o pior desempenho durante a tarde (Figura 15).

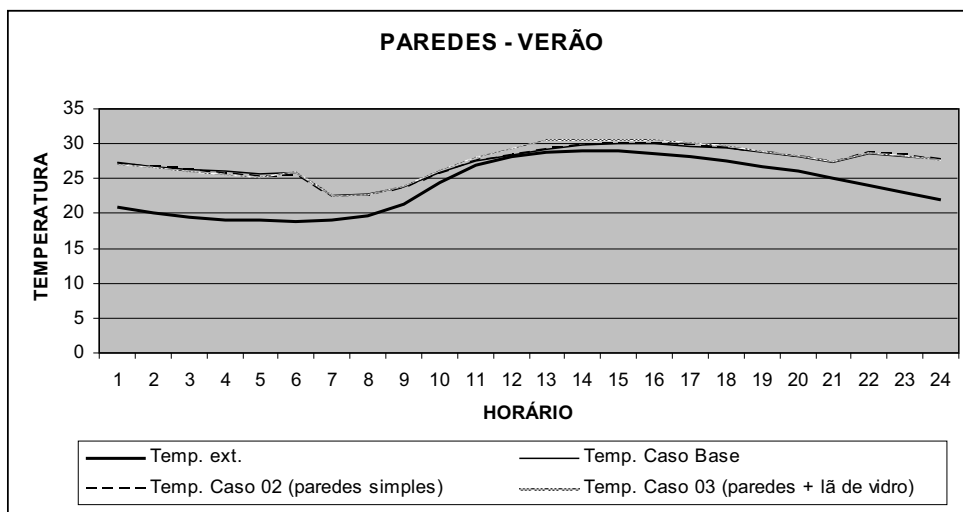


Figura 15 Desempenho das paredes no verão.  
Fonte: AUTORA, 2003.

## COBERTURA:

Foi possível verificar que o Caso 05 alcançou os melhores resultados durante quase todo dia, apesar das pequenas diferenças entre esta e os demais casos durante a manhã (Figura 16).

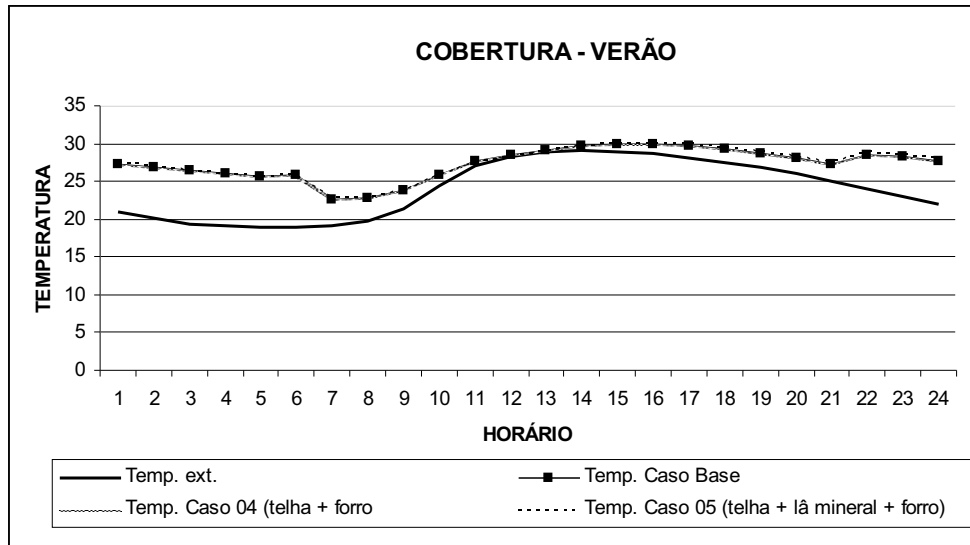


Figura 16 Desempenho da cobertura no verão.  
Fonte: AUTORA, 2003.

## SIMULAÇÕES - INVERNO:

Janelas: ambas as janelas obtiveram um bom desempenho térmico (Figura 17).

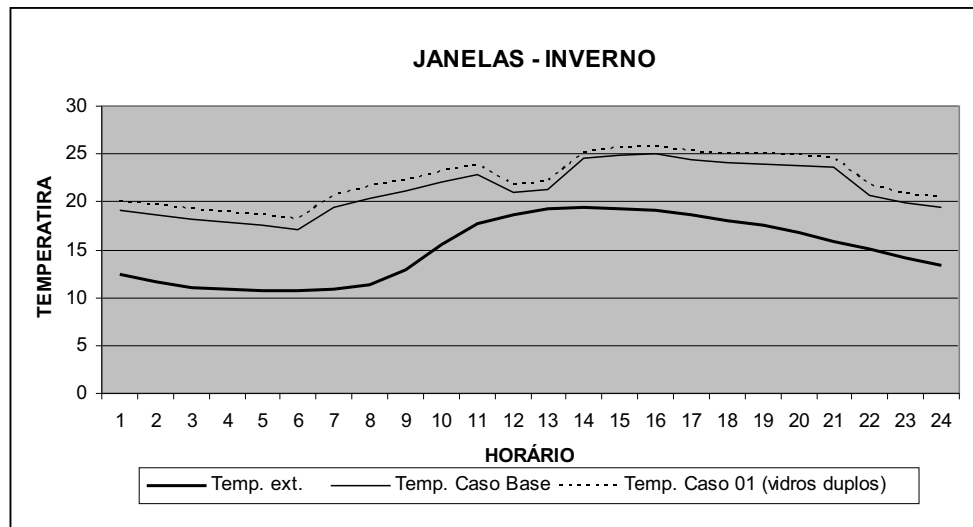


Figura 17 Desempenho das janelas no inverno.  
Fonte: AUTORA, 2003.

## PAREDES:

Nesta simulação, o Caso Base e o Caso 02 apresentaram resultados que estavam, na maior parte do tempo, dentro da Zona de Conforto (Figura 18).

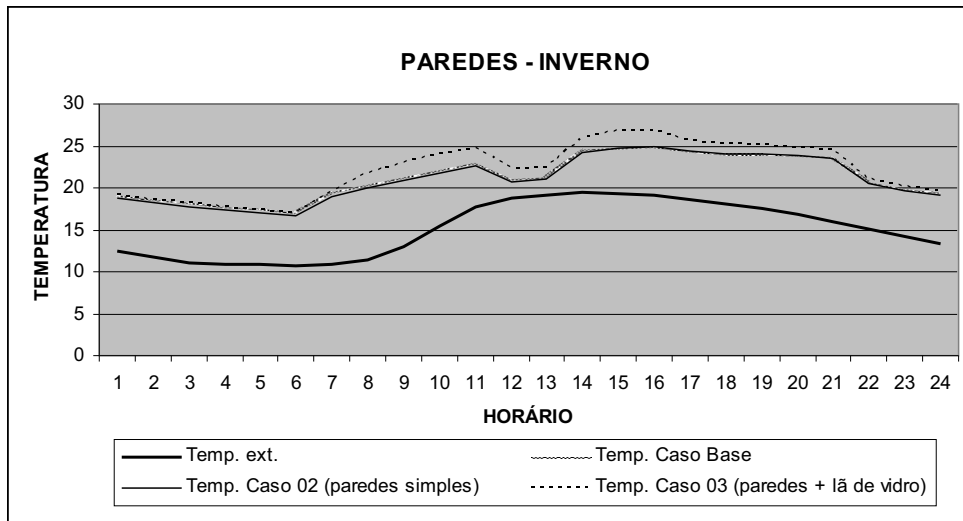


Figura 18 Desempenho das paredes no inverno.  
Fonte: AUTORA, 2003.

## COBERTURA:

O mesmo aconteceu com a cobertura, onde ambos os casos apresentaram resultados situados dentro da Zona de Conforto (Figura 19).

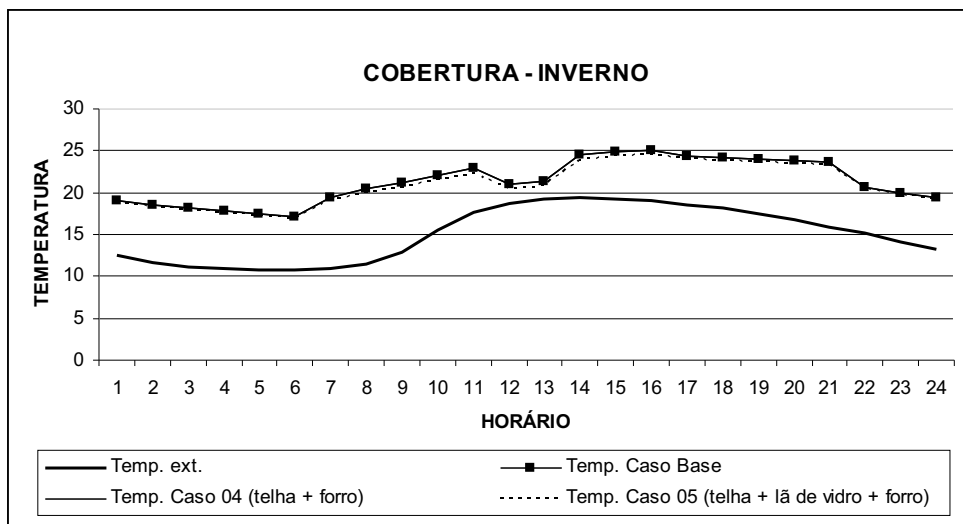


Figura 19 Desempenho da cobertura, no inverno.  
Fonte: AUTORA, 2003.

Após estes resultados, todos os casos foram analisados em ambas as estações, e um caso misto, Caso 06, foi simulado levando em consideração as janelas com vidros duplos, as alvenarias externas com isolante térmico e a cobertura, também com isolante térmico. No verão, as diferenças entre o Caso Base e o Caso 06 foram muito pequenas. No inverno, o Caso Base apresentou melhores resultados, com a maior parte dos valores de temperatura dentro da Zona de Conforto.

## 5. Discussão e conclusão

Verificando os resultados e analisando a relação entre as temperaturas alcançadas e a Zona de Conforto, o Caso Base foi considerado aquele com melhor desempenho térmico. Apesar da cobertura com isolamento térmico ter apresentado o melhor resultado no verão, é fundamental que se analise esta informação sob outro ponto de vista. Por exemplo, a quantidade de energia incorporada no isolamento proposto e o destino que será dado a ele, após o término da sua vida útil. Assim, quando se pensa em uma arquitetura mais sustentável, deve-se analisar todo o ciclo de vida do material e não apenas parte deste processo, verificando a possibilidade de se causar danos ao meio ambiente.

Além disso, é importante salientar que a utilização de técnicas passivas para resfriamento de uma edificação, no verão, é um processo de difícil alcance, já que as temperaturas internas do ar estarão a maior parte do tempo acima das externas. Três considerações devem ser comentadas:

1. A primeira consideração é relacionada à vegetação. O projeto original preocupou-se em manter a vegetação existente no lote, pela importância do contato entre os seres humanos e a natureza e, também, devido à eficiência da vegetação no que tange a qualidade do ar. Além disso, as árvores são elementos fundamentais para minimizar os efeitos da radiação solar, já que produzem sombreamento reduzindo, conseqüentemente, a temperatura do ar. Esta é uma das limitações do software, que não considera estes efeitos.

2. A segunda consideração diz respeito ao resultado das simulações em relação à existência ou não de ventilação cruzada no edifício analisado. Sabe-se que a velocidade e a direção do vento são específicas para cada local e dependem, entre outros fatores, da topografia e da vegetação existentes. O edifício analisado foi projetado buscando a obtenção de ventilação cruzada, mas, com a não utilização dos dados climáticos locais, as simulações realizadas mostraram a ineficiência do sistema durante todo o ano, com exceção do mês de dezembro (quando a direção característica do vento é a leste). Este fato pode ter alterado os resultados finais.



3. A última observação diz respeito à cobertura. O projeto original considerou as seguintes camadas de materiais: telhas, chapa de alumínio, estrutura de madeira e forro de madeira. Acredita-se, entretanto, que o software não tenha conseguido analisar o real efeito proveniente do uso do alumínio, como elemento isolante térmico. Assim, após analisar todas as simulações realizadas e comparar com o Caso Base, pode-se concluir que os materiais e os sistemas construtivos especificados no projeto original devem ser mantidos. Mas este estudo não deve ser finalizado aqui; ainda é possível realizar novas simulações buscando sempre o melhor desempenho térmico do edifício. Como alguns valores de temperatura do ar encontram-se fora da Zona de Conforto, uma outra simulação pode ser realizada, buscando diminuir as temperaturas internas no verão. Esta simulação deverá considerar as janelas abertas durante a noite, como forma de resfriamento do edifício.

Para finalizar, torna-se importante enfatizar que a proposta de análise de desempenho de um edifício não pode ser dissociada de uma análise relacionada à sustentabilidade. Ao mesmo tempo em que se busca encontrar soluções que apresentem bons resultados térmicos, também se deve buscar soluções que visem a respeito ao meio ambiente, apresentando resultados menos impactantes. Esse é o melhor caminho para a produção de uma arquitetura mais responsável e consciente da realidade do planeta em que se vive.

## 6. Agradecimentos

À SIDA, ao sr. Johnny Astrand, ao professor Hans Rosenlund, à professora Laura Liuke e ao professor Miguel Aloysio Sattler, pela oportunidade. Às autoras do projeto, arq. Daniela Payeras, arq. Haiderose Gauer e arq. Lisandra Krebs, assim como aos demais participantes da equipe por terem, gentilmente, fornecido o projeto e as demais informações necessárias para o desenvolvimento desta pesquisa.

## Referências bibliográficas

CHIRAS, Daniel D. Green building materials creating the ultimate environmentally friendly home. The natural house: a complete guide to healthy, energy-efficient, environmental homes. United States: Green Books, 2000. p. 350-384.

HASSE, Kvist. DEROB-LTH for Windows: user manual. Versão 98.01. Lund, Sweden. 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 ago. 2003.

LYLE, John T. Regenerative design for sustainable development. New York: John Wiley & Sons, 1994. 338 p. il.

MALIN, Nadav. What it means to be green. Architectural Record. Nova Iorque: McGraw-Hill, n. 5, may 2000, p. 137-144.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. Normas Climatológicas (1961-1990). Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. Brasília, Brasil, 1992. 84 p. Publicação editada e impressa pelo Serviço de Produção de Informação SPI/Embrapa. Brasília, maio 1992.

MOLLISON, Bill; Slay, Reny. Introdução à permacultura. 2. ed. Austrália: Tagari Publications, 1994. 204 p. il.

SATTLER, Miguel A. Land use and sustainable buildings: design and construction in southern Brazil. UNEP DTIE - Industry and Environment, Paris, abr./set. 2003. Disponível em: <[http://www.uneptie.org/media/review/ie\\_home.htm](http://www.uneptie.org/media/review/ie_home.htm)>. Acesso em: 14 dez. 2003.

SZOKOLAY, Steven V. O imperativo ambiental. In: PLEA, 1997, Japão. Anais... Japão: Kushiro, 1997. Texto traduzido por M. A. Sattler.