



## DESENVOLVIMENTO DE UM PRÉ-PROJETO DE PISO RADIANTE COM APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR PARA CALEFAÇÃO AMBIENTAL

**Egon Vettorazzi (1); Joaquim C. Pizzutti dos Santos (2); Madalena Russi (3)**

(1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil –  
e-mail: egon.arquiteto@gmail.com

(2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil –  
e-mail: joaquim@smail.ufsm.br

(3) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil –  
e-mail: madarussi@gmail.com

### RESUMO

O conforto térmico das edificações deve ser compreendido como a relação entre o clima local e a nossa necessidade de abrigo. A energia solar deve ser utilizada de modo a projetarmos edificações com estratégias que de acordo as características climáticas locais possam usufruir da energia solar passiva para atender as necessidades de conforto ambiental. As regiões mais frias do país carecem de tecnologia para aquecimento eficiente do interior da edificação, principalmente no inverno. Atualmente existem diversos sistemas comerciais que visam solucionar esse problema, porém, não conseguem aliar baixo custo, conforto térmico e preservação ambiental. O sistema de pisos aquecidos é uma ótima alternativa do ponto de vista do conforto térmico, além de manter o ambiente com temperatura homogênea, transporta menos poeira, tem um melhor aproveitamento do espaço, dispensa limpezas periódicas e não emite ruídos. Dentro deste contexto, o trabalho tem por objetivo desenvolver um pré-projeto com utilização da energia solar para o aquecimento de pisos e climatização de ambientes em períodos frios. Foi realizada uma análise dos três subsistemas que compõem os modelos de pisos aquecidos convencionais existentes: captação, armazenagem e liberação da energia térmica. O pré-projeto proposto de pisos aquecidos foi baseado nos sistemas existentes, sendo utilizados os elementos arquitetônicos da própria edificação, e consideradas as peculiaridades do uso da energia solar para esta finalidade, que são a inconstância, necessidade de armazenamento e a dificuldade de captação e transporte. A definição do pré-projeto visa a possibilitar os estudos posteriores de definição dos materiais a serem empregados e desenvolvimento de um modelo matemático que permita a verificação do desempenho do sistema proposto.

Palavras-chaves: piso radiante; energia solar; conforto térmico.

## 1 INTRODUÇÃO

A energia, nas suas mais diversas formas, é indispensável à sobrevivência da espécie humana. A eletricidade se tornou uma das formas mais versáteis e convenientes de energia, passando a ser indispensável e estratégica para o desenvolvimento socioeconômico.

Mesmo considerando os impactos negativos de algumas formas de geração convencional de eletricidade tais como a nuclear e a de combustíveis fósseis, a demanda mundial cresce rapidamente (ALDABÓ, 2002). Isso conduz a necessidade de geração de eletricidade por formas alternativas que supram a demanda com a utilização de recursos renováveis e sem poluição ambiental.

As fontes de energia renováveis apresentam-se como uma boa solução para atender ao crescimento do consumo mundial e, dentre essas formas, destaca-se a energia solar. A energia solar nunca foi aproveitada de forma eficiente se comparado às outras fontes de energia (ALDABÓ, 2002). O aproveitamento da energia solar é uma das alternativas energéticas mais promissoras para o novo milênio, pois é abundante e permanente, renovável a cada dia, não polui e nem prejudica o ecossistema, é a solução ideal para áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente no Brasil onde se encontram bons índices de insolação em qualquer parte do território.

Atualmente, um dos maiores responsáveis pelos gastos com a energia elétrica são os sistemas de condicionamento térmico de ambientes, que possuem um alto custo devido ao grande consumo de energia elétrica. Além desses sistemas não serem econômicos sob o ponto de vista financeiro, também prejudicam ao meio ambiente devido à necessidade de aumento de fornecimento de energia elétrica.

No Brasil, especialmente nas regiões mais frias, há uma carência de tecnologias para aquecimento eficiente do interior da edificação, principalmente no período de inverno. Atualmente existem diversos sistemas comerciais de condicionamento térmico, porém, a grande maioria não consegue aliar baixo custo, conforto térmico e preservação ambiental.

O sistema de pisos aquecidos é a alternativa mais adequada do ponto de vista do conforto térmico ao usuário, sendo ainda pouco utilizado no país devido ao seu alto custo inicial e ao grande consumo energético. A utilização da energia solar para aquecimento de pisos é uma solução inovadora e viável que alia o conforto térmico e sustentabilidade ambiental.

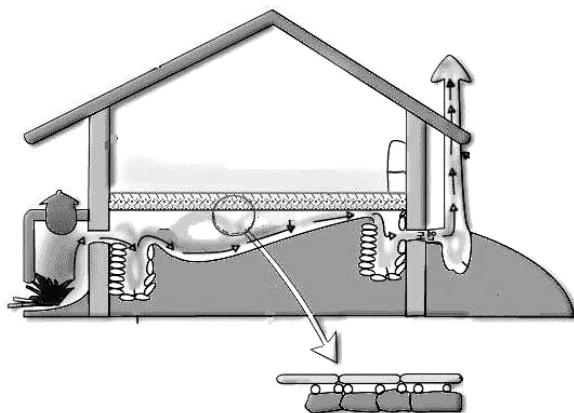
O sistema de aquecimento pelo piso ainda está restrito ao uso residencial. No Brasil, boa parte da utilização do sistema é para banheiros, ambiente onde o piso frio causa maior incômodo. Nos Estados Unidos, porém, até prédios públicos, como presídios e escolas, contam com o aquecimento pelo piso (ECIVIL, 2008).

Segundo Larsen et al. (2007), o uso de pisos radiantes tem se intensificado devido principalmente a três razões: a) é mais confortável do que os sistemas de aquecimento convencional, a convecção do ar, uma vez que gera um calor uniforme dissipa, lentamente para cima; b) permite a economia de 15 a 30% de energia se comparado a um sistema tradicional, porque a temperatura do ar no ambiente pode ser reduzida em cerca de 2 °C, sem afetar o conforto térmico (GIVONI, 1976), e , c) a qualidade do ar não é afetada por poeira ou problemas de umidade.

A proposta de desenvolvimento de um sistema de captação de energia solar, com a finalidade de aquecer ambientes edificados nas épocas mais frias do ano, visa aumentar o conforto térmico no interior das edificações amenizando os problemas ambientais causados pelo alto dispêndio energético gerado pelos sistemas de aquecimentos tradicionais.

### 1.1 Sistema de aquecimento de pisos

Os registros mais antigos da utilização de piso aquecido remontam aos anos 100 a.C., sendo desenvolvido pelos norte coreanos para melhorar o conforto térmico nas regiões mais frias da Coreia do Norte (SCHMID et al., 2005). O sistema conhecido como ondol, que significa “pedra quente”, consiste em tornar todo o chão da casa um imenso irradiador de calor, através do aquecimento embaixo do próprio chão. A cozinha era construída abaixo dos demais cômodos da edificação, assim o fogo usado para cozinhar também era utilizado para aquecer toda a casa. Nas Figuras 1 e 2 é possível observar o funcionamento do sistema ondol.



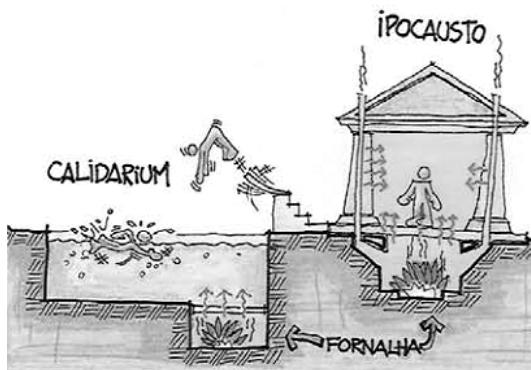
**Figura 1** – Desenho esquemático do sistema utilizado na Coréia desde 100 a.C. Fonte: Adaptado Hwangto (2008).



**Figura 2** – Foto do sistema ondol de uma residência tradicional coreana. Fonte: Deal-Heating (2009).

Um sistema semelhante, conhecido por ipocausto, também foi utilizado pelos romanos aproximadamente na mesma época e ainda hoje pode ser apreciado nas ruínas. Ipocausto é uma palavra que vem do grego e significa "está aceso por baixo". É um sistema onde era construído um pequeno forno ligado por um túnel nos ambientes a serem aquecidos. Sob o piso haviam túneis sustentados por colunas onde o ar quente produzidos por fornos circulavam (Wikipedia, 2008). Os romanos também utilizavam túneis para o aquecimento de água nos banhos públicos, um sistema conhecido como Calidarium (LAMBERTS, et al, 1997).

Na Figuras 3 é apresentado o sistema de calidarium e o ipocausto, já na Figura 4 constam fotos de ruínas dos sistemas de aquecimento subterrâneos dos romanos.



**Figura 3** - Túneis subterrâneos sustentados por colunas por onde o ar quente circulava.  
Fonte: Lamberts, et al, (1997).

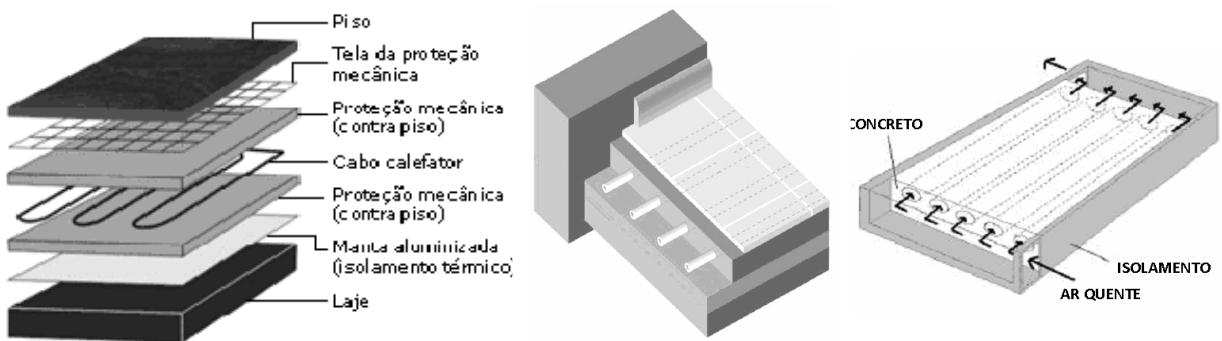


**Figura 4** - Ruínas romanas mostrando as túneis do subsolos e suas colunas.  
Fonte: Deal-Heating (2009).

### 1.1.1 Tipos de sistemas de aquecimento de pisos

Existem diversas maneiras de se aquecer um ambiente através do piso. Os sistemas mais usuais utilizam em seu processo tubulações por onde circula água quente ou cabos elétricos, além de serem conhecidos os sistemas por fluxo de ar quente.

O sistema de aquecimento elétrico é feito geralmente com o uso de materiais condutores de calor dispostos em forma de serpentina dentro do contrapiso (Figura 5 A). O cabo se aquece, transmitindo o calor para o piso, e deste para o ar.



(A) Painéis elétricos radiantes.

Fonte: adaptado de Hotfloor (2004).

(B) Piso radiante por circulação de água. Fonte:

Cirelius (2009).

(C) Piso radiante por circulação

de ar. Fonte: adaptado de Larsen et al. (2006).

**Figura 5** - Tipos de pisos aquecidos mais utilizados atualmente

O sistema de aquecimento radiante mais utilizado é aquele por circulação de água quente sob o piso (OLESEN, 2002). Sua principal vantagem é a possibilidade de ser mantido por diversas fontes de energia, dentre elas: gás, eletricidade, bombas de calor elétricas e energia solar. Tem-se afirmado o polietileno reticulado (PEX) como material mais durável para os tubos instalados no contrapiso. Água quente circula por esses tubos, à temperatura normalmente entre 25 e 30 °C. Este sistema inclui dois trocadores de calor: entre a fonte de calor e a água e entre a água e o ambiente. Parâmetros e projeto importantes são o diâmetro dos tubos, seu distanciamento entre si, a velocidade e o regime do escoamento, e o lay-out da tubulação (OLESEN, 2002). Na Figura 2 B é possível ver as camadas de um tipo de piso aquecido por circulação de água.

## 2 OBJETIVO

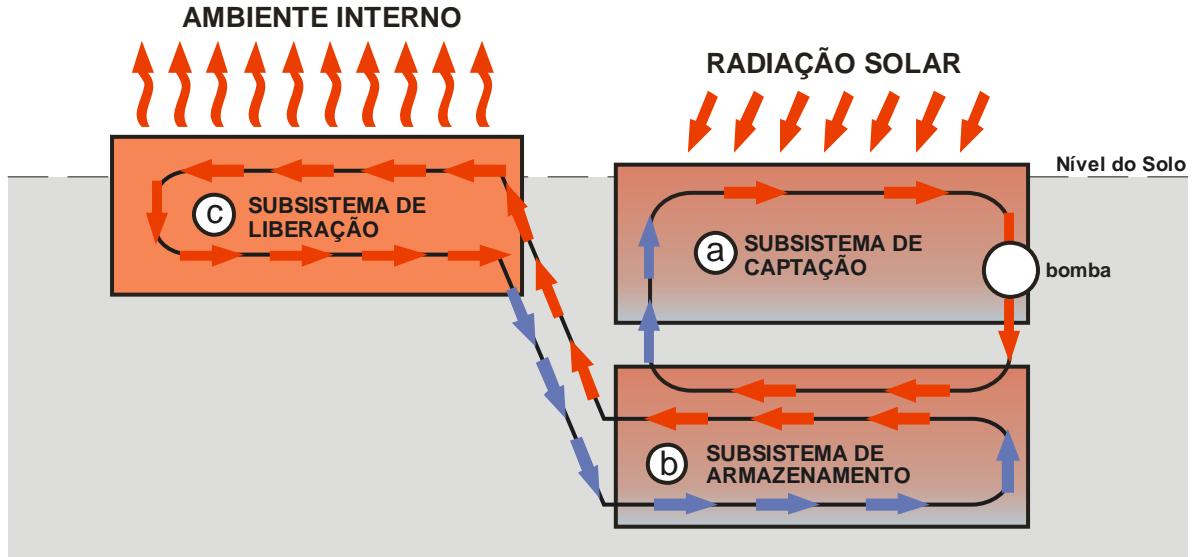
Desenvolver um pré-projeto de sistema de aproveitamento da energia solar para o aquecimento de pisos e calefação de ambientes.

## 3 METODOLOGIA

O modelo de piso radiante proposto tem como princípio de funcionamento a circulação de uma mistura de água e material anti-congelante (glicol) em serpentine, sendo dividido em três principais subsistemas: captação, armazenagem e liberação de energia térmica.

O projeto foi proposto levando em consideração as seguintes condicionantes: superfície de captação da energia solar ser um elemento construtivo da edificação; clima com grandes variações de temperatura ao longo do ano e do dia; facilidade de instalação e manutenção; capacidade de adaptação aos projetos arquitetônicos e baixo custo.

O esquema básico idealizado de funcionamento e de transferência de calor entre subsistemas pode ser visto na Figura 6.



**Figura 6** - Desenho esquemático do funcionamento do piso aquecido com energia solar proposto.

### 3.1 Subsistema de captação de energia solar

Para o sistema de captação de energia solar, foi utilizado um piso externo da edificação, podendo ser localizado nos lados norte, oeste ou noroeste, sendo as orientações de maior incidência dos raios solares. Este piso foi posicionado acima do sistema de armazenamento, a fim de diminuir as perdas durante a transferência do calor entre os mesmos. Esta transferência será realizada através da movimentação do fluido térmico por meio de uma serpentina, que tem como principal função conduzir rapidamente o calor capturado pela superfície de captação para o material de acumulação de calor do subsistema de armazenamento, reduzindo as perdas térmicas superficiais causadas principalmente pela convecção. Esta movimentação é ativada por meio de uma bomba de circulação que entra em operação por diferença de temperatura entre o fluido na superfície de captação e no acumulador de calor.

### 3.2 Subsistema de armazenamento térmico

Com a finalidade de utilizar o piso aquecido em horários que não há presença de radiação solar, como é o caso do período noturno e de dias nublados ou chuvosos, é proposto o subsistema de armazenamento térmico como elemento intermediário entre a captação e a liberação. A acumulação de energia possibilita ao usuário usufruir do sistema de aquecimento de piso no ambiente interno no período de tempo desejado e em qualquer situação, sem que haja necessidade da radiação solar no momento da utilização.

O sistema de armazenamento é composto de um material de grande inércia térmica, para acúmulo do calor desejado, estando enterrado e envolto por uma caixa de alvenaria isolada termicamente, de maneira a reduzir as perdas para o solo envolvente. O calor ganho com o sistema de captação é armazenado no material do reservatório que, por sua vez, é levado através de outra serpentina para o sistema de liberação. Essa transferência de energia térmica acontece naturalmente por diferença de densidade (termossifão), devido a diferença de temperatura do líquido da serpentina no interior do acumulador e no interior do piso aquecido.

### 3.3 Subsistema de liberação

Para o sistema de liberação de energia térmica foi desenvolvido módulos externos que podem ser acoplados a qualquer tipo de edificação posteriormente a sua construção, possibilitando a diminuição de custo com relação aos sistemas de pisos aquecidos convencionais. Além disso, por ser pensado como um módulo autônomo pode ser aplicado de forma localizada em cada ambiente, focalizando as necessidades de conforto do usuário e possibilitando utilizar o número de módulos desejável.

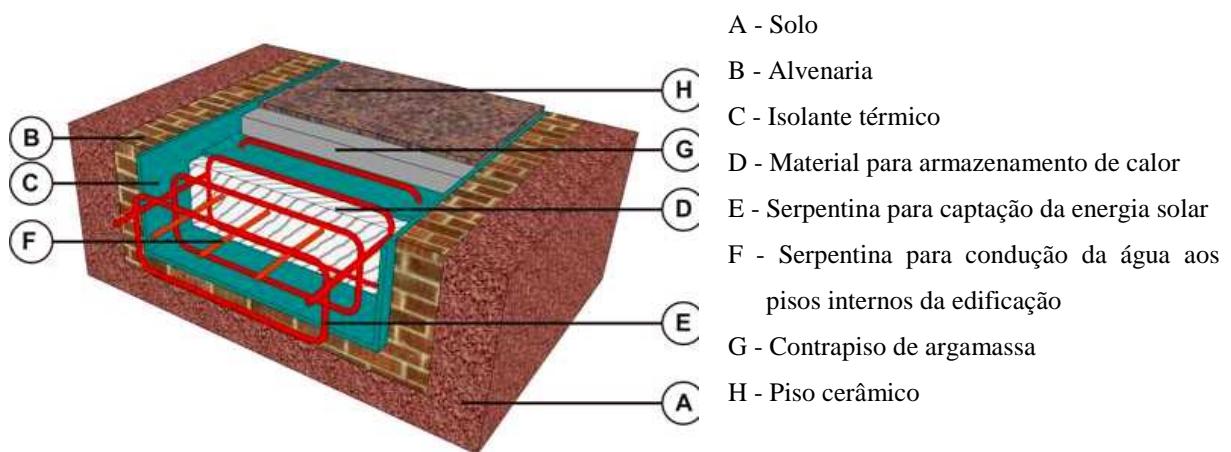
Nos modelos tradicionais de piso aquecido a passagem da serpentina de aquecimento ocorre no contra piso, devendo este ser executado de maneira cuidadosa para garantir uma longa vida útil e baixa manutenção. Dessa forma, caso haja algum problema, o reparo só é possível com a retirada de todo o piso e contra piso da edificação. Por esse motivo, o subsistema de liberação de energia (piso aquecido) proposto, utiliza módulos autônomos a edificação, facilitando a sua manutenção, dada a sua facilidade de retirada e manuseio, diminuindo possíveis transtornos e o custo.

Este subsistema pode, assim, ser acoplado posteriormente a construção da edificação, havendo também a possibilidade de adaptação do piso aquecido a uma edificação mesmo que esta não tenha sido projetada com espera.

Para diminuir o tempo de transferência de calor entre o piso aquecido autônomo e o ambiente, o módulo é composto por serpentinas envoltas por argamassa de baixa condutividade térmica, material com incorporação de ar. A serpentina por sua vez, é composta de tubulações achatadas com a forma retangular para aumentar a superfície de contato com o piso do ambiente, aumentando assim as trocas de calor.

#### 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Para o sistema de captação e armazenamento da energia solar, foi utilizada a pavimentação no exterior da edificação, que pode servir também para o passeio de pedestres. A pavimentação ficou localizada ao lado da edificação em local com alta incidência solar e fora de qualquer obstrução. A Figura 7 mostra o pré-projeto do sistema de captação e armazenamento da energia solar, onde estão destacados o piso externo de captação de radiação solar (H), o material de acumulação de calor (D), a serpentina de transferência de calor entre o contra piso e o acumulador (E), as serpentinas de transferência de calor para o piso interno (F).

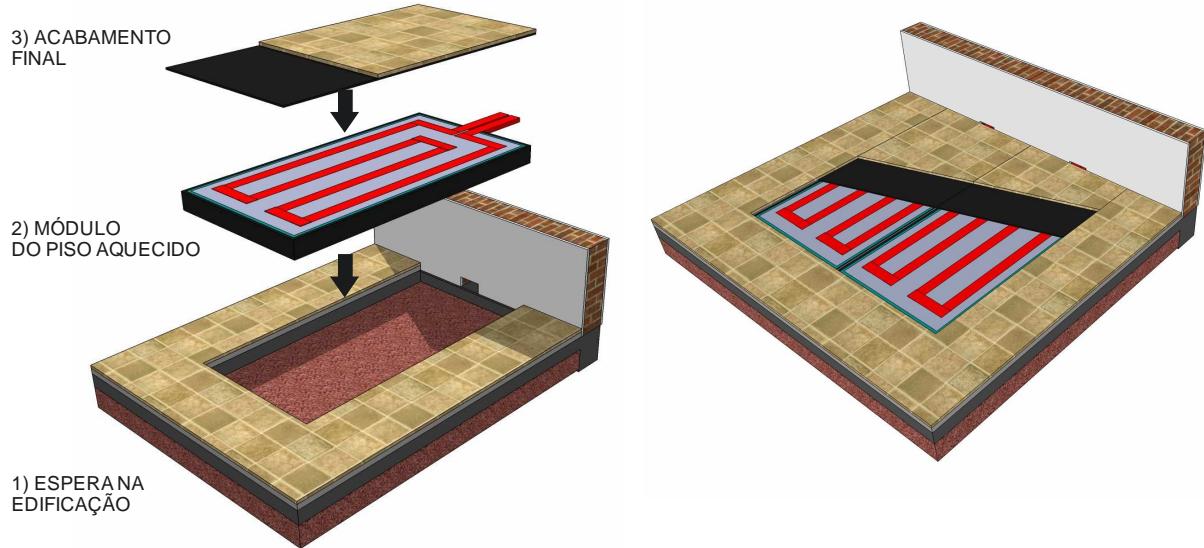


**Figura 7**– Desenho esquemático do pré-projeto do sistema de captação e armazenamento da energia solar.

Como superfície de captação, embora esteja previsto neste trabalho o uso do piso externo, pode-se também utilizar as paredes externas, em um sistema semelhante a parede Trombe.

É possível verificar, na Figura 8, que o pré-projeto do sistema de liberação possui três partes principais: a espera (1), o módulo de piso aquecido que é acoplado posteriormente (2), e o acabamento final (3) que pode ser feito com um material semelhante ao utilizado na edificação, integrando assim o piso aquecido as características arquitetônicas predominantes, ou então, com outro material para que seja diferenciado do piso restante. Foi adotado, conforme já mencionado o sistema de serpentinas com circulação de água e glicol.

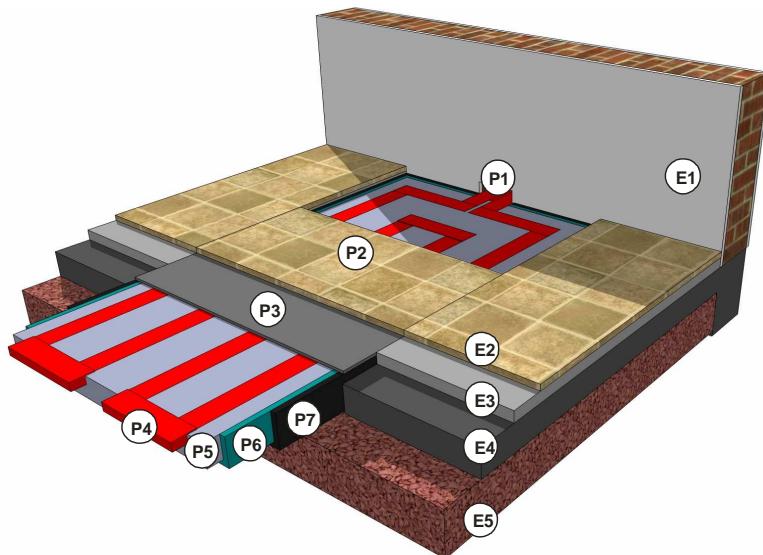
A aplicação de módulos autônomos possibilita também a utilização de mais de uma unidade de piso, de acordo com a necessidade ou disponibilidade de recursos, conforme pode ser verificado na figura 9.



**Figura 8** – Desenho esquemático do sistema de piso aquecido utilizado no interior dos ambientes da edificação.

**Figura 9** – Desenho esquemático da utilização de dois módulos de piso aquecido.

Na Figura 10 é possível observar a disposição das camadas de materiais aplicados no pré-projeto do piso aquecido.



#### Edificação:

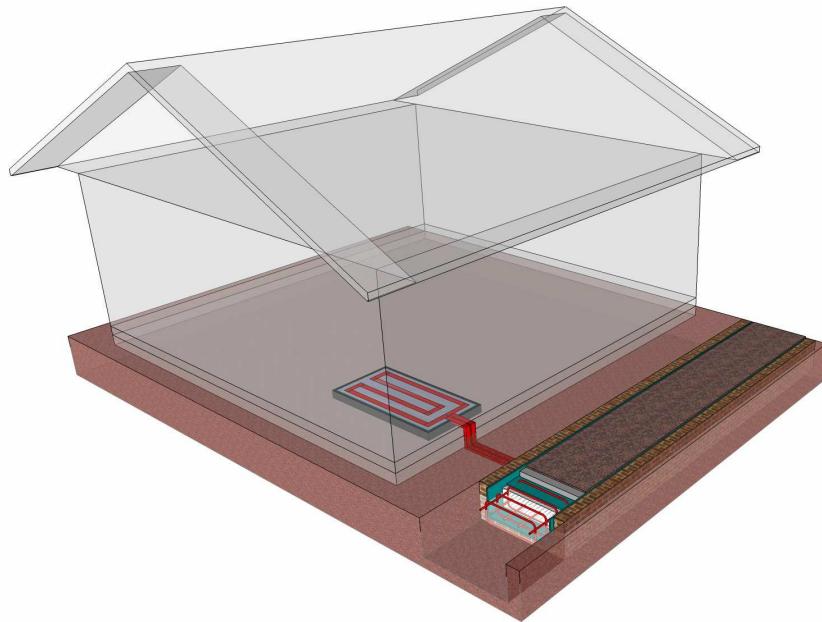
- E1 – Parede da edificação
- E2 - Piso
- E3 – Contra piso de argamassa
- E4 – Laje de concreto
- E5 – Solo compactado

#### Módulo do piso aquecido:

- P1 – Abertura na parede para entrada e saída das tubulações de água quente.
- P2 – Piso cerâmico
- P3 - Argamassa de regularização
- P4 – Dutos de circulação de água aquecida
- P5 – Argamassa de baixa condutividade térmica
- P6 - Isolamento térmico
- P7 – Camada impermeabilizante

**Figura 10.** Desenho esquemático dos materiais adotados para o módulo do piso aquecido

Na Figura 11 está representada, de forma esquemática, a instalação do sistema de piso aquecido com energia solar em uma edificação.



**Figura 11.** Desenho esquemático do pré-projeto de piso aquecido aplicado a uma edificação.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um pré-projeto de pisos aquecidos, como uma possível alternativa para a melhoria de conforto térmico em regiões com a estação fria rigorosa, como é o caso do Rio Grande do Sul, visando proporcionar conforto nos diversos tipos de edificações sem que para isso seja necessário grandes investimentos iniciais e gastos com manutenção e para o funcionamento diário do sistema.

O pré projeto foi proposto composto de três subsistemas: o de captação de energia solar, de armazenamento da energia térmica e dos módulos para a liberação do calor dentro da edificação. A criação do sistema em módulos torna a sua utilização mais flexível, possibilitando a acoplagem do sistema tanto em edificações novas como em edificações já existentes.,

A criação de um subsistema de armazenamento está fundamentada na inconstância de captação da energia solar. Dessa forma além do transporte direto da energia térmica para os ambientes internos, é necessário armazená-la para que possa ser liberada nos períodos em que a energia solar não está disponível como a noite e em dias nublados. Esse sistema é regulado pelo usuário de acordo com suas necessidades, por meio de um registro acoplado ao sistema.

Com a pesquisa foi possível desenvolver um pré-projeto de pisos aquecidos com energia solar, que vai servir como base para a escolha dos materiais a serem utilizados e para a posterior elaboração do modelo matemático. A comprovação de sua viabilidade possibilitará sua futura aplicação na construção civil.

O trabalho tem preocupação com a economia de energia e com o desenvolvimento sustentável, visto que o sistema proposto, diferentemente dos sistemas mais difundidos que se utilizam de energia elétrica, faz uso de energia solar que é uma energia limpa renovável e ambientalmente correta.

## 6 REFERÊNCIAS

ALDABÓ, Ricardo. **Energia solar**. São Paulo: Artliber, 2002. 155p.

CIRELIUS. Disponível em: <[www.cirelius.pt](http://www.cirelius.pt)> Acesso em: abril de 2009.

DEAL-HEATING. Disponível em: <<http://www.ideal-heating.com/article.php?a=16>>. Acesso em: abril de 2009.

ECIVIL. Disponível em: <<http://www.ecivilnet.com>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

HWANGTO. Disponível em: <<http://www.hwangto.org>>. Acesso em: nov. 2008.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 188 p.

LARSEN, S. Flores et al. Colectores solares de aire para calefacción mediante piso acumulador. **Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente**, Argentina, v. 11, 2007.

OLESEN, B. W. (2002). **Radiant floor heating: in theory and practice**. ASHRAE Journal, p. 19-26.

SCHMID, Aloísio Leoni et al. ANSAY, Samuel Soares; PEREIRA, Mauro César. **Aquecimento de pisos: revisão bibliográfica e estudo teórico do desempenho em regime transitório sob custo de energia variável no tempo**. In: VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 2005, Maceió. **Anais...VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 2005**.

WIKIPEDIA. Disponível em: <<http://www.wikipedia.org>>. Acesso em: 20 jul. 2008.