



UFSC/EMC, C.P. 476, FLORIANÓPOLIS, SC 88040-900, BRASIL

TEL: (048) 234-2161 / 234-0408 FAX: (048) 331-7615 E-MAIL: colle@emc.ufsc.br

## **MEMORIAL JUSTIFICATIVO**

### **Estudo Arquitetônico de Creche com considerações bioclimáticas e com aproveitamento de águas pluviais e energia solar para aquecimento de água**

#### **Equipe:**

- **Arq. Dra. Ana Lígia Papst de Abreu**
  - **Eng. Enedir Ghisi, PhD**
- **Eng. Dr. Samuel Luna de Abreu**
  - **Eng. Fabrício Colle**
  - **Acadêmica Cecília Facó**
  - **Acadêmico Rodrigo Fornari**

**FLORIANÓPOLIS ABRIL DE 2005**

1	INTRODUÇÃO	1
2	O PRÉ-DIMENSIONAMENTO	1
2.1	<b>Clima, conforto térmico e edificação</b>	2
2.2	<b>O clima de Florianópolis e o conforto térmico</b>	2
2.3	<b>Mahoney</b>	3
2.4	<b>Carta Bioclimática de Givoni</b>	4
2.5	<b>Norma de desempenho térmico</b>	5
2.6	<b>Trajectoria Solar e Temperaturas</b>	6
2.7	<b>Programa de Necessidades de creches</b>	7
2.8	<b>Pré-dimensionamento de coletores solares</b>	8
2.9	<b>Pré-dimensionamento de águas pluviais</b>	8
3	O PRODUTO: PROJETO ARQUITETÔNICO	10
3.1	<b>Plantas com comentários</b>	10
4	OBSERVAÇÕES FINAIS	21
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

# 1 Introdução

Uma edificação escolar que adote os conceitos bioclimáticos no seu projeto pode obter além de economia de energia, ser um ambiente mais saudável e mais agradável para se permanecer.

Este texto apresenta as soluções bioclimáticas e de eficiência energética adotadas no projeto de uma creche para a cidade de Florianópolis.

O programa de necessidades além de trazer as áreas mínimas em função do número de crianças a serem atendidas por faixa etária, foi observada questões de ganhos térmicos e incidência solar nos ambientes de maior permanência das crianças.

Numa creche comunitária, o consumo com água quente para banho é elevado, usualmente todas as crianças tomam banho na escola. No clima subtropical do sul do Brasil, o uso de água quente para banho acontece também no verão. Por isso, neste projeto foram adotadas duas tecnologias para minimizar o consumo de água e da energia para aquecê-la. Para o aquecimento de água foi proposto o uso de coletores solares integrados à edificação. Para minimizar o consumo de água, foi feito um sistema de coleta de águas pluviais para utilização das mesmas em descargas de vasos sanitários, limpeza de piso, e rega de jardim.

Este texto apresenta os princípios adotados, assim como as ferramentas utilizadas, para o desenvolvimento de um projeto de uma creche que leve em consideração os aspectos bioclimáticos e de eficiência energética. São apresentados os cálculos de pré-dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais assim como de energia solar para aquecimento d'água. A creche proposta é para a cidade de Florianópolis, por isso, todo o pré-dimensionamento e estudos bioclimáticos foram feitos usando os dados climáticos desta cidade.

Ao final deste texto, estão disponíveis as plantas, cortes e fachadas do estudo preliminar do projeto da creche bioclimática para Florianópolis, assim como as plantas do projeto hidro-sanitário que contemplam o aproveitamento das águas pluviais em seu projeto.

## 2 O pré-dimensionamento

Da mesma forma que para projetar uma edificação, qualquer que seja seu uso, é preciso definir seu programa de necessidades, também é necessário conhecer o clima do local para poder

determinar características contrutivas e bioclimáticas para a edificação. Por isto, este texto traz além dos aspectos de pré-dimensionamento de áreas de ambientes de uma creche, traz o pré-dimensionamento dos sistemas bioclimáticos com base nos dados climáticos de Florianópolis.

## **2.1 *Clima, conforto térmico e edificação***

Segundo a ASHRAE, Conforto Térmico é: “Um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem está em Conforto Térmico.

Segundo Olgyay e Olgyay (1973), o processo de construir uma edificação adaptada ao clima pode ser dividida em quatro passos:

1. O primeiro passo é o levantamento de elementos climáticos de um dado local e a análise destes dados meteorológicos;
2. O segundo passo é avaliar cada impacto do clima em termos psico-fisiológicos do ser humano.
3. Como terceiro passo, uma solução tecnológica deve ser aplicada para cada problema conforto-clima. Estas soluções podem ser obtidas por métodos de cálculo, onde se analisariam a orientação, necessidade ou não de sombra, forma da edificação, movimento do ar, e ainda, o balanço de temperatura interna que pode ser conseguido com o uso criterioso de materiais;
4. As soluções combinadas de acordo com sua importância, resultam na solução arquitetônica.

Seguindo o que preconiza Olgyay e Olgyay (1973), aqui será feita uma avaliação climática da cidade de Florianópolis, avaliado o impacto do clima no conforto térmico, e estudada as soluções contrutivas para garantir condições favoráveis dentro dos ambientes internos.

## **2.2 *O clima de Florianópolis e o conforto térmico***

As quatro características climáticas que mais afetam o conforto térmico são: a temperatura do ar, o movimento do ar, a radiação e a umidade do ar. Outros dois parâmetros relacionados à sensação de conforto térmico dizem respeito ao indivíduo: atividade desempenhada e vestimenta. O

conceito de conforto é subjetivo, condições climáticas que podem ser consideradas agradáveis para uma pessoa, podem ser desagradáveis para outra.

Com relação aos parâmetros relacionados ao meio ambiente, o projetista pode manipular a edificação para tirar vantagem das condições favoráveis e minimizar o efeito das condições não desejáveis.

Como a partir do clima obter as recomendações construtivas? Existem diversas ferramentas que relacionam o clima com soluções arquitetônicas ideais. Aqui serão utilizadas duas destas ferramentas para comparação:

- Tabelas de Mahoney
- Carta Bioclimática de Givoni

Estes dois métodos utilizam os dados climáticos de Florianópolis disponíveis em Goulart et all. (1997).

O Projeto de Norma 02:135.07-003 (ABNT, 2003) para habitações de interesse social também permite uma estimativa das soluções construtivas a serem adotadas em função da localização da edificação, e será apresentado mais adiante.

### **2.3 Mahoney**

Carl Mahoney desenvolveu tabelas que são preenchidas com as informações climáticas do local, e ao final dão um indicativo do tipo de orientação, formato e estrutura, necessários ao estágio inicial de projeto.

No anexo A estão preenchidas as tabelas de Mahoney com os dados climáticos de Florianópolis – SC, a partir dos resultados encontrados as recomendações são:

- A edificação deve ter suas maiores fachadas orientadas a norte e sul (eixo leste, oeste), para reduzir a exposição ao sol no período quente e permitir a o aquecimento solar no período frio;
- Edificação deve ser planejada com jardim em volta;
- Prever áreas abertas para penetração de brisas, mas protegendo dos ventos predominantes norte e sul no período noturno dos meses de maio a outubro;

- O projeto deve permitir ventilação cruzada temporária, os ambientes podem ser dispostos em duas fileiras mas com portas grandes de ligação entre os ambientes. Devido a possibilidade de não ocorrência de vento, o ideal é prever ventiladores de teto, deixando uma altura mínima de pé direito de 2,75m;

As aberturas devem ter dimensões médias entre 20 e 40% da área das paredes norte e sul. As aberturas nas paredes leste e oeste só seriam desejáveis se houvessem um longo período de frio, e o desconforto por frio normalmente ocorre no período noturno de maio a outubro. Para uma edificação de ocupação diurna, segundo a análise pelo método de Mahoney, não seria desejável aberturas a leste e oeste.

- As paredes externas devem ter baixo valor de capacidade térmica, e a cobertura deve ser leve e bem isolada.

Num clima como de Florianópolis, onde as diferenças nas estações climáticas indicam diferentes soluções construtivas para cada estação, haverá períodos onde o conceito adotado para a edificação não será de todo perfeito. Por isto, o projeto deve procurar tirar vantagem das condições favoráveis e minimizar o efeito das condições não desejáveis do clima, e principalmente do micro-clima onde será implantada a edificação.

## **2.4 Carta Bioclimática de Givoni**

Givoni (1992) desenvolveu uma carta bioclimática adequada para países em desenvolvimento. O método proposto por Givoni é construído sobre o diagrama psicrométrico, e relacionando dados de temperatura e umidade pode se obter indicações das estratégias bioclimáticas mais indicadas para o clima em questão. O Laboratório de Eficiência Energética nas Edificações desenvolveu um programa computacional para visualizar e relatar porcentualmente cada estratégia bioclimática do método proposto por Givoni.

O Anexo B apresenta gráficos e tabelas do método de Givoni com o clima de Florianópolis. Dos resultados encontrados e analisando os dados horários de temperatura e umidade de todo o ano, verifica-se que o desconforto térmico ocorre em 79% das horas do ano, sendo que 41% das horas o desconforto é por frio e 38% das horas do ano é desconforto por calor. As principais estratégias bioclimáticas recomendadas para a construção de uma edificação é utilização de ventilação em 36% das horas do ano, uso de massa térmica com aquecimento solar em 35% das horas do ano e

aquecimento solar passivo em 3,8% das horas do ano. O uso de ar condicionado restringe-se a 1,7% das horas do ano, e o uso de aquecimento artificial a 1,5% das horas do ano.

Uma segunda análise climática foi feita, avaliando somente os dados de temperaturas e umidades diurnos e depois somente os dados de temperatura e umidade do período noturno. A idéia aqui é avaliar as recomendações construtivas para uma edificação utilizada principalmente no período diurno (creche).

No período diurno, o desconforto térmico passa para 65% das horas deste período, e as principais soluções bioclimáticas recomendadas para se obter conforto são: utilização da ventilação (35%) para evitar o desconforto por calor, e uso de massa térmica com aquecimento solar (23%) para evitar o desconforto por frio durante o dia. O uso de ar condicionado é recomendado em apenas 3% das horas do dia.

As indicações construtivas propostas pelo método de Givoni são mais genéricas do que as indicações construtivas propostas pelo método de Mahoney. Nenhum dos dois métodos indica quais os valores ideais de transmitância térmica e atraso térmico para as paredes e coberturas.

## **2.5 Norma de desempenho térmico**

O Projeto de Norma 02:135.07-003 (ABNT, 2003) apresenta um Zoneamento Bioclimático Brasileiro e um conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas às habitações unifamiliares de interesse social para cada zona bioclimática. O zoneamento foi desenvolvido por Roriz et al. (1999, 2000). As estratégias construtivas apresentadas pelo Projeto de Norma são:

- a) limites de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para vedações externas (parede e cobertura);
- b) tamanho das aberturas para ventilação;
- c) proteção das aberturas;
- d) estratégias de condicionamento térmico passivo.

Florianópolis encontra-se na zona bioclimática 3, e para esta zona recomenda-se coberturas leves e isoladas com transmitância térmica inferior a  $2,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , atraso térmico menor que 3,3 horas e fator de calor solar inferior a 6,5%. Para as paredes externas, o projeto de norma recomenda que as mesmas sejam leves e refletoras, com transmitância térmica inferior a  $3,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , atraso térmico menor que 4,3 horas e fator de calor solar inferior a 4,0%.

A área de abertura recomendada para ventilação é entre 15 a 25% da área do piso, permitindo a entrada do sol no período frio.

A estratégia bioclimática recomendada para o verão é a ventilação, e para o inverno as estratégias recomendadas são: sistema artificial de aquecimento, aquecimento solar da edificação e massa térmica para aquecimento.

A proposta de norma foi desenvolvida para edificações unifamiliares de interesse social, mas suas recomendações serão utilizados como referência também para o desenvolvimento do projeto da creche.

## 2.6 Trajetória Solar e Temperaturas

Tanto o método proposto por Mahoney, a carta bioclimática de Givoni e o Projeto de Norma 02:135.07-003 (ABNT, 2003), recomendam o uso de ganho térmico solar no período frio. Para poder determinar o que seria ideal para ganhos térmicos solares, os dados horários de temperaturas de Florianópolis foram impressos sobre a carta solar, permitindo assim, a verificação por orientação da necessidade de sombreamento ou de ganho térmico solar. A carta solar para a latitude de Florianópolis com as temperaturas horárias impressas podem ser visualizadas na Figura 1.

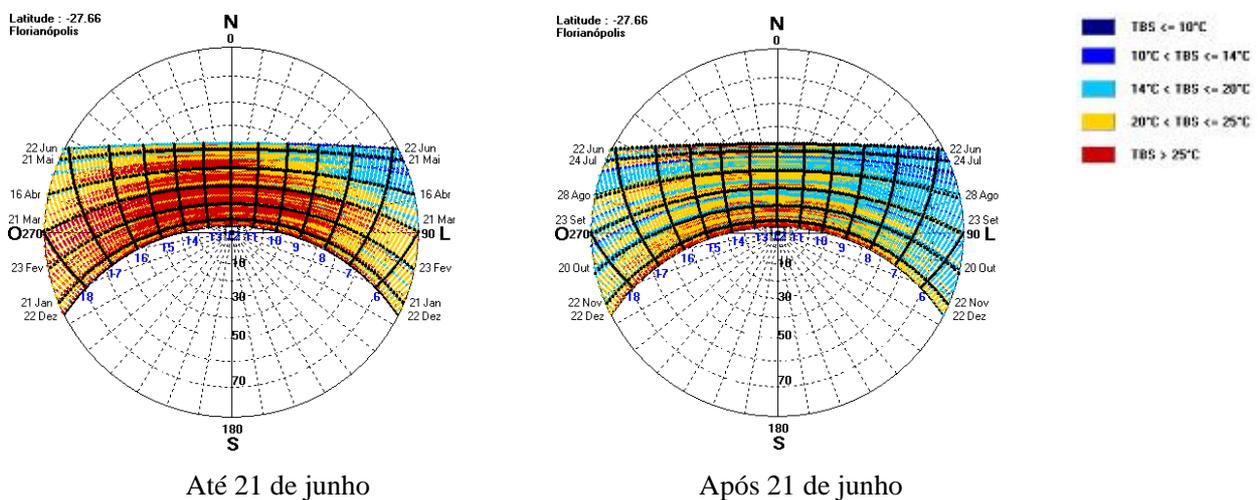


Figura 1 – Trajetória solar de Florianópolis com as temperaturas horárias impressas por faixa de temperaturas.

## 2.7 Programa de Necessidades de creches

As recomendações aqui descritas foram retiradas da Resolução nº 91/99 que fixa normas para a Educação Infantil no âmbito do Sistema Estadual de Educação de Santa Catarina.

Segundo o que preconiza a Secretaria Estadual de Educação, uma creche deve ter no mínimo:

- A área para as salas de atividades de 1,30 m<sup>2</sup> por criança atendida;
- 3,00 m<sup>2</sup> de área ao ar livre por aluno.

Existe também uma relação máxima de professor por criança em função da faixa etária, como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1 – Relação de número de professores por crianças em função da faixa etária.**

Faixa etária	Número de crianças	Número de professores
Criança de 0 a 1 ano	6 a 8 crianças	1 professor e 1 professor auxiliar
Criança de 1 a 3 anos	8 a 10 crianças	1 professor e 1 professor auxiliar
Criança de 3 a 5 anos	12 a 15 crianças	1 professor e 1 professor auxiliar
Criança de 5 a 6 anos	20 a 25 crianças	1 professor

A estrutura básica de uma instituição de educação infantil deve ter:

- espaços para recepção;
- salas para professores, para os serviços pedagógicos-administrativos e de apoio;
- salas para atividades das crianças, com boa ventilação, iluminação e visão para o ambiente externo, com mobiliário e equipamentos adequados;
- refeitório, instalações e equipamentos para o preparo de alimentos, que atendam às exigências de nutrição, saúde, higiene e segurança, nos casos de oferecimento de alimentação;

- instalações sanitárias completas, suficientes e próprias para uso das crianças e para uso dos adultos;
- berçário, se for o caso, provido de berços individuais, área livre para movimentação das crianças, locais para amamentação e para higienização, com balcão e pia, e espaço para o banho de sol das crianças;
- área coberta para atividades externas compatível com a capacidade de atendimento, por turno, da instituição.

Este projeto refere-se a uma creche, com 4 salas de atividades para atender crianças até 4 anos de idade, totalizando 43 crianças por turno. Com base no que recomenda a Secretaria Estadual de Educação, foram estabelecidas que as salas de atividades terão área mínima de 20 m<sup>2</sup>. Os aspectos de boa iluminação e ventilação serão determinados seguindo as recomendações de uma arquitetura bioclimáticas para Florianópolis.

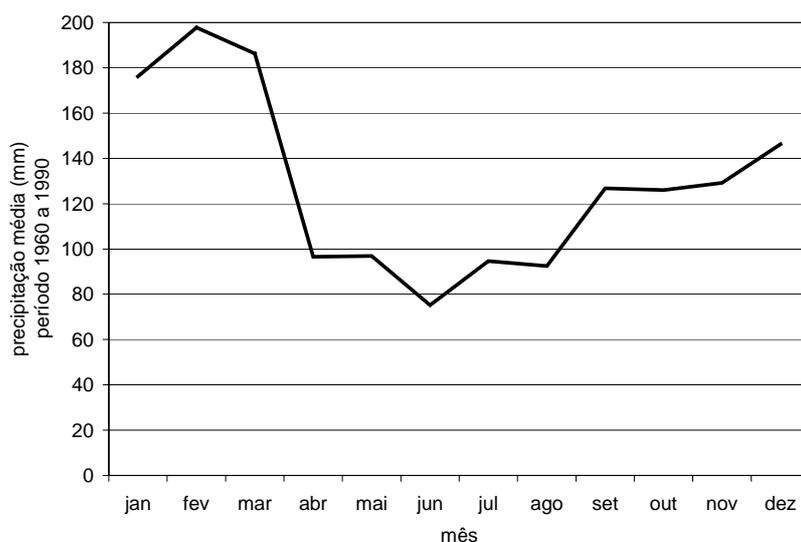
## **2.8 Pré-dimensionamento de coletores solares**

O consumo de água quente por criança foi estimado em 30 litros de água quente por criança por dia, totalizando 1290 litros de água quente por turno e 2580 litros de água quente por dia. Considerando que os coletores solares serão instalados orientados à norte, com uma inclinação ideal de 37° para Florianópolis, estima-se uma área mínima de 34 a 35m<sup>2</sup> de coletores solares.

## **2.9 Pré-dimensionamento de águas pluviais**

O sistema de aproveitamento de águas pluviais foi dimensionado em função da área de cobertura, da média diária de precipitação em Florianópolis de 2000 a 2002, e do consumo estimado de água para usos não potáveis. O aproveitamento da água da chuva é uma forma de proteger os recursos hídricos de água doce, e a retenção da água da chuva em cisternas diminui o problema das canalizações e galerias sempre prejudicadas pelas fortes chuvas.

A Figura 2 mostra a distribuição anual dos valores médios mensais da precipitação ocorrida na cidade de Florianópolis no período de 1960 a 1990 publicados no relatório das Normais Climatológicas (INMET, 1991). O valor da precipitação média anual foi de 1543,9 mm.



**Figura 2. Distribuição média mensal da precipitação (mm) na cidade de Florianópolis no período de 1961 a 1990.**

Na Figura 2 percebe-se que nos meses de abril a agosto a precipitação média mensal do período de 1961 a 1990 foi inferior a 100mm. Durante estes meses existe a possibilidade de haver uma diminuição na captação das águas pluviais. Vale salientar que dados climáticos são uma referência, podendo existir num futuro, diferenças entre os dados estatísticos e um ano real.

No projeto da creche está se propondo a utilização de águas pluviais para descargas de aparelhos sanitários, limpeza da edificação e rega da horta e jardim, estipulado da seguinte forma:

1. Considerando que uma pessoa ocupe a bacia sanitária de 4 a 6 vezes ao dia, e que o volume de cada descarga seja de 9 litros, e com uma vazamento em cada descarga de 8%, totaliza um consumo de água por pessoa/dia/uso de vaso sanitário de 38,9 a 58,3 litros. Para simplificação, adotou-se o valor de 50 litros por dia por pessoa para utilização de descarga no vaso sanitário. Se for considerada a população da creche em 58 pessoas, totaliza um consumo diário de água para descarga de 2.900 litros.
2. Para a rega de horta e jardim foi estipulada uma área de 1500 m<sup>2</sup>, e como se considera um gasto de 2 litros/dia/m<sup>2</sup> para este uso, tem-se um total de 3.000 litros/dia de consumo de água para rega da horta e jardim.

3. Se estimou um consumo de 4 litros/dia/pessoa para limpeza da edificação, o que totaliza para uma população de 58 pessoas um consumo de 232 litros/dia para limpeza da edificação.

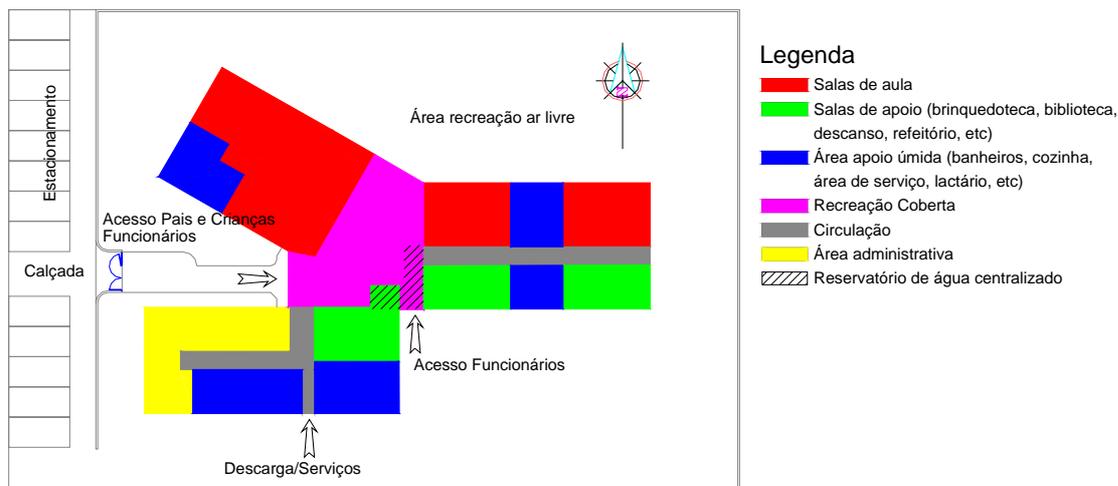
Para cálculo da estimativa do consumo total de águas que poderiam ser substituídas por águas pluviais por dia, foi utilizado o software Netuno, disponível gratuitamente em [www.labeee.ufsc.br](http://www.labeee.ufsc.br). Para definição das instalações prediais de águas pluviais utilizou-se a NBR10844.

### **3 O produto: projeto arquitetônico**

#### **3.1 Plantas com comentários**

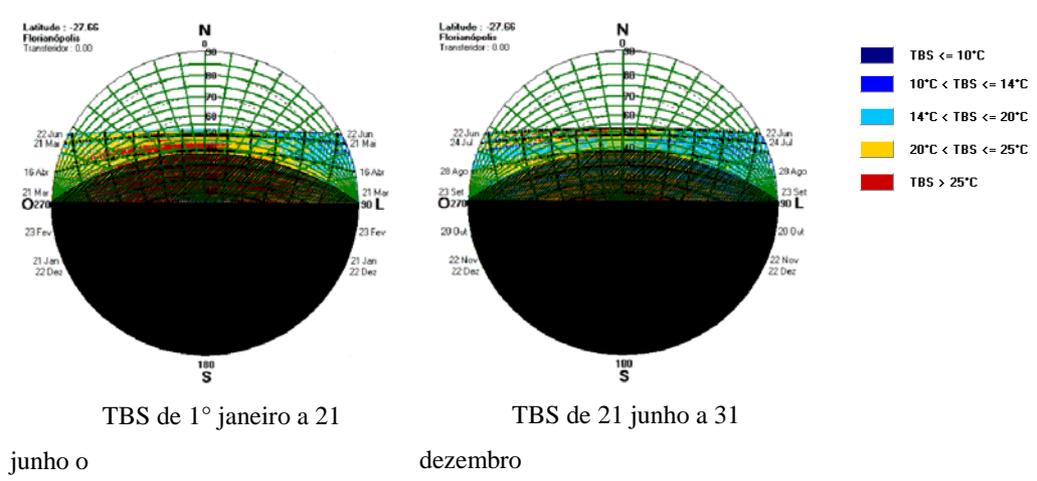
O partido do projeto arquitetônico foi o conforto dos ocupantes de forma passiva, sem adoção de sistemas de condicionamento de ar, e minimizando a necessidade do uso de iluminação artificial. O uso de energia solar para o aquecimento da água também é um fator determinante na volumetria da edificação. O ideal para posicionar os coletores solares em Florianópolis é orientá-los a norte, além disso, a fachada norte é fácil de sombrear do sol de verão, permitindo a incidência solar no inverno. Por todos estes motivos, a edificação tem suas maiores fachadas orientadas a norte e sul.

A Figura 3 apresenta o organograma proposto para a creche, assim como a orientação solar, e os acessos.

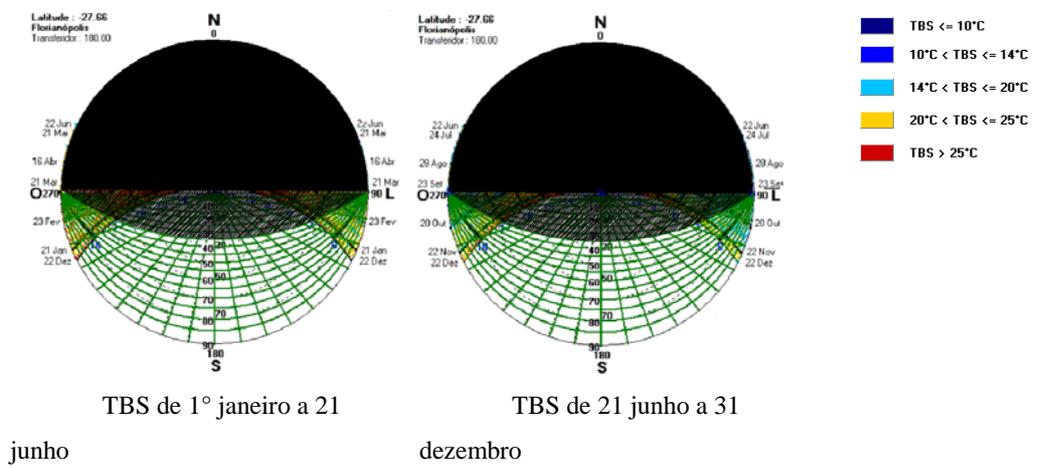


**Figura 3 – Organograma proposto para creche, com base em aspectos bioclimáticos**

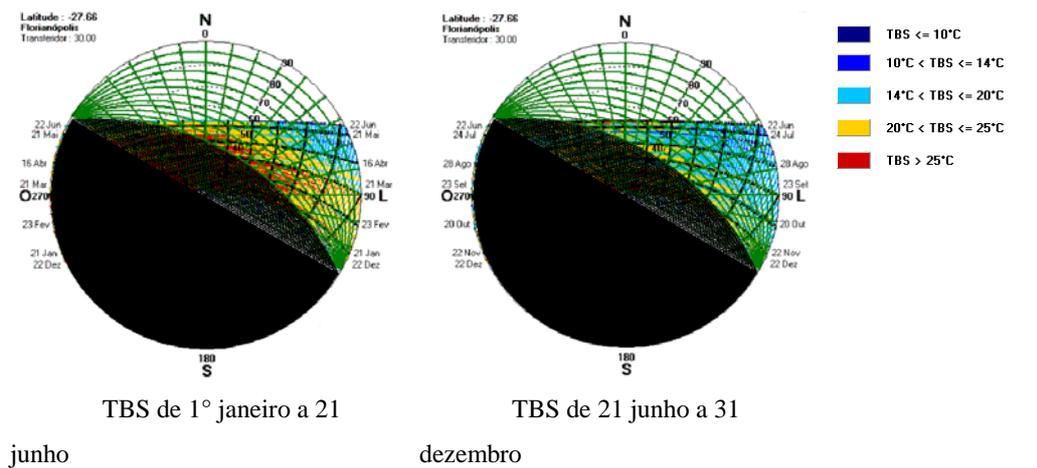
Na Figura 3 observa-se que edificação foi proposta no meio terreno com jardim em volta, seguindo as recomendações das tabelas de Mahoney para o clima de Florianópolis. Pela Figura 3 percebe-se que a edificação tem suas maiores fachadas orientadas a norte e sul, para reduzir a exposição ao sol no período quente. Os ambientes de maior permanência, como salas de aula, área administrativa, são orientados à norte. Os ambientes orientados a norte terão proteções solares horizontais para proteção do sol de verão (quando as temperaturas médias horárias são elevadas), mas permitindo a incidência de sol e ganho térmico solar no período mais frio. As áreas de apoio úmidas, foram dispostas à sul, visto que precisam de luz natural, mas os ganhos térmicos solares não são tão necessários por serem ambientes de pouca permanência. Assim também, as salas de apoio também foram dispostas a sul. As salas de aula das crianças menores (berçário e maternal 1) foram dispostas 30° a nordeste, garantindo que os ambientes receberão maior incidência solar matinal, aquecendo as salas antes da entrada das crianças. A Figura 4 apresenta a máscara de sombras das aberturas orientadas a norte, sul e nordeste.



Máscara de sombras aberturas orientadas a norte



Máscara de sombras aberturas orientadas a sul



Máscaras de sombras aberturas orientadas a nordeste

Figura 4 – Máscaras de sombras sobre a trajetória solar com as temperaturas impressas.

Pela Figura 4 observa-se que no período de setembro a março não existe incidência solar nas salas de aula orientadas a norte. Mas o sol incide dentro do ambiente nos meses mais frios, de março a setembro. Nas janelas orientadas a sul, ocorre um sombreamento nas aberturas devido à calha para coleta das águas pluviais. Este sombreamento da abóbada celeste nas aberturas a sul, apesar de indesejado, não é excessivo, e não prejudica a iluminação natural destes ambientes. Nas aberturas com orientação nordeste, obtém-se aquecimento solar nos ambientes desde as primeiras horas do dia.

Para o clima de Florianópolis, a principal estratégia bioclimática para evitar o desconforto por calor é o uso da ventilação. Pelos gráficos da Figura 5, observa-se que a maior frequência de ocorrência de ventos é no quadrante norte e nordeste, seguido do quadrante sudoeste e sul. As maiores velocidades por direção de vento ocorrem no quadrante nordeste, cerca de 6m/s.

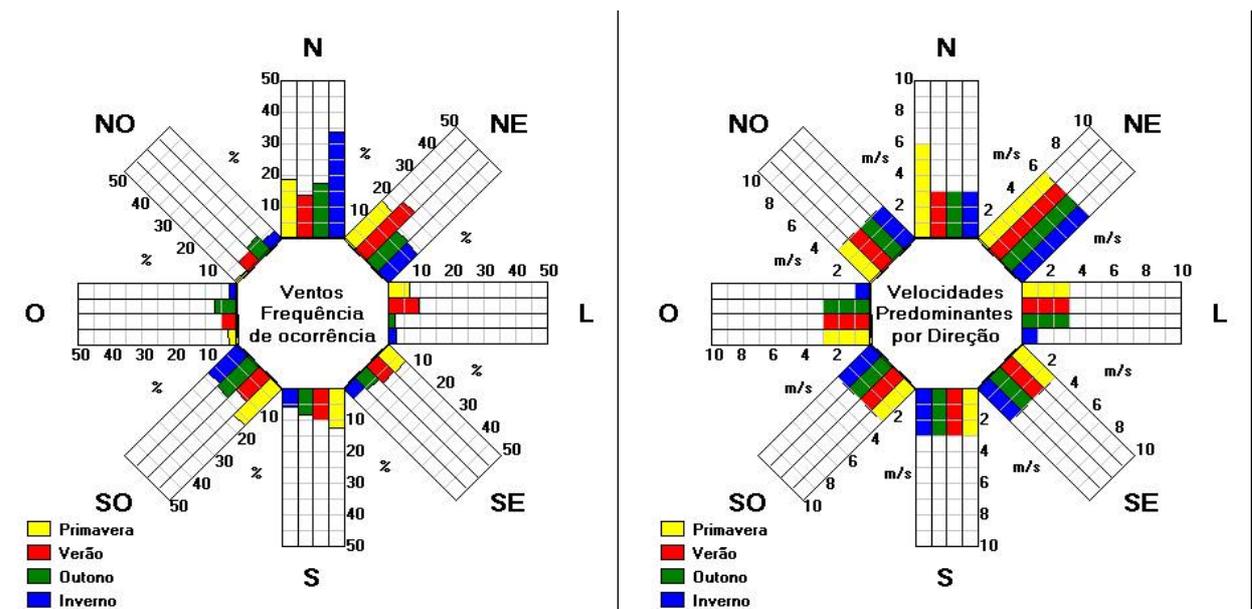
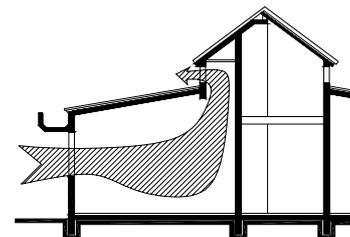
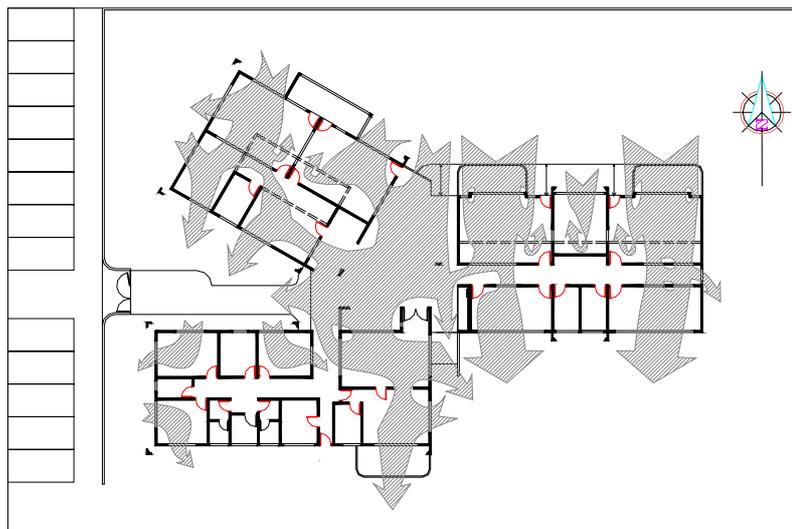


Figura 5 – Frequência de ocorrência e velocidade predominante por direção de ventos para Floarínópolis.

A Figura 6 mostra os esquemas de ventilação cruzada somente pelas janelas dos ambientes da creche. Na Figura 6 verifica-se que os ambientes foram dispostos sempre em duas fileiras, para permitir a ventilação cruzada. O uso de aberturas para a circulação interna são previstos para

permitir a ventilação dentro do ambiente de forma cruzada. Nas salas de aula o uso de lanternim permite também a ventilação vertical.

O pé direito nos ambientes é variável, pois é inclinado seguindo a inclinação da cobertura. Isto permite que se tenha um pé-direito superior a 2,75m, permitindo a colocação de ventiladores de teto.



Corte esquemático  
sala de aula

Planta Baixa

**Figura 6 – Esquema demonstrativo da ventilação cruzada pelas janelas e vazios dos ambientes da creche.**

Normalmente a utilização de ventilação em um ambiente pressupõe que a cobertura e as paredes externas tenham pouca inércia térmica para permitir um rápido resfriamento da envoltória, e evitar acumulação de calor nas mesmas. Mas no período frio, segundo o método da Carta Bioclimática de Givoni, o ideal é ter massa térmica com aquecimento solar para acumulação do calor do dia. As diferentes soluções construtivas propostas para cada estação se contrapõem a princípio, mas podem ser propostas soluções que não interfiram no desempenho térmico da outra. Pelas recomendações resultantes das Tabelas de Mahoney, recomenda-se paredes externas com baixa capacidade térmica, e cobertura leve e bem isolada, mas sem recomendar valores, e Givoni recomenda o uso de massa térmica com aquecimento solar. Utilizando os valores propostos pelo Projeto de Norma 02:135.07-003 (ABNT, 2003), a cobertura deve ter transmitância térmica inferior a  $2,00 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , atraso térmico menor que 3,3 horas e fator de calor solar inferior a 6,5%, para as

paredes externas o projeto de norma recomenda transmitância térmica inferior a  $3,60 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , atraso térmico menor que 4,3 horas e fator de calor solar inferior a 4,0%. No Anexo C encontram-se alguns esquemas de paredes e coberturas que podem ser utilizados pois apresentam valores de transmitância térmica e atraso térmico inferior aos recomendados pela norma.

Na presente proposta o projeto foi desenvolvido com paredes de 15 cm, considerando que poderia ser utilizado duas opções (a) parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão (dimensões do tijolo:  $10,0 \times 15,0 \times 20,0 \text{ cm}$ ), com espessura da argamassa de assentamento de 1,0 cm, emboço de 2,5 cm, totalizando uma parede de 15,0 cm; ou (b) parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão (dimensões do tijolo:  $10,0 \times 6,0 \times 22,0 \text{ cm}$ ), espessura da argamassa de assentamento de 1,0 cm, emboço de 2,5 cm, totalizando uma parede de 15,0 cm. As paredes externas recomenda-se o uso de tijolo furado (com menor massa térmica), e as paredes internas recomenda-se o uso de tijolos maciços (com maior massa térmica). As paredes externas devem ser mais isolantes, e as paredes internas devem ter mais massa para absorver e liberar o calor com certo atraso térmico. O piso também se recomenda o uso de massa térmica (laje), com acabamento de piso vinílico ou cerâmico.

Segundo o Projeto de Norma 02:135.07-003 (ABNT, 2003), a área de abertura recomendada para ventilação é entre 15 a 25% da área do piso, permitindo a entrada do sol no período frio. E segundo as Tabelas de Mahoney, as aberturas devem ter dimensões médias entre 20 e 40% da área das paredes norte e sul. A partir das dimensões de paredes e áreas de piso do ante-projeto da creche em anexo, foi determinada a área de aberturas ideais, seguindo os valores estipulados pela proposta de norma e pelas tabelas de Mahoney. A Tabela 2 mostra os valores recomendados para aberturas segundo os dois métodos, e a área de aberturas do estudo de ante-projeto. Pelo que se verifica nos valores apresentados pela Tabela 2, é que as áreas de aberturas adotadas ficam dentro dos valores estipulados pelas normas. Vale salientar que as áreas de aberturas que ficam para dentro da edificação não foram computadas nas áreas adotadas, visto que, não tem ganho de calor externo, e tem menor possibilidade de iluminação. As aberturas zenitais também não foram computadas.

**Tabela 2 – Áreas de aberturas recomendadas e área de aberturas adotadas no projeto.**

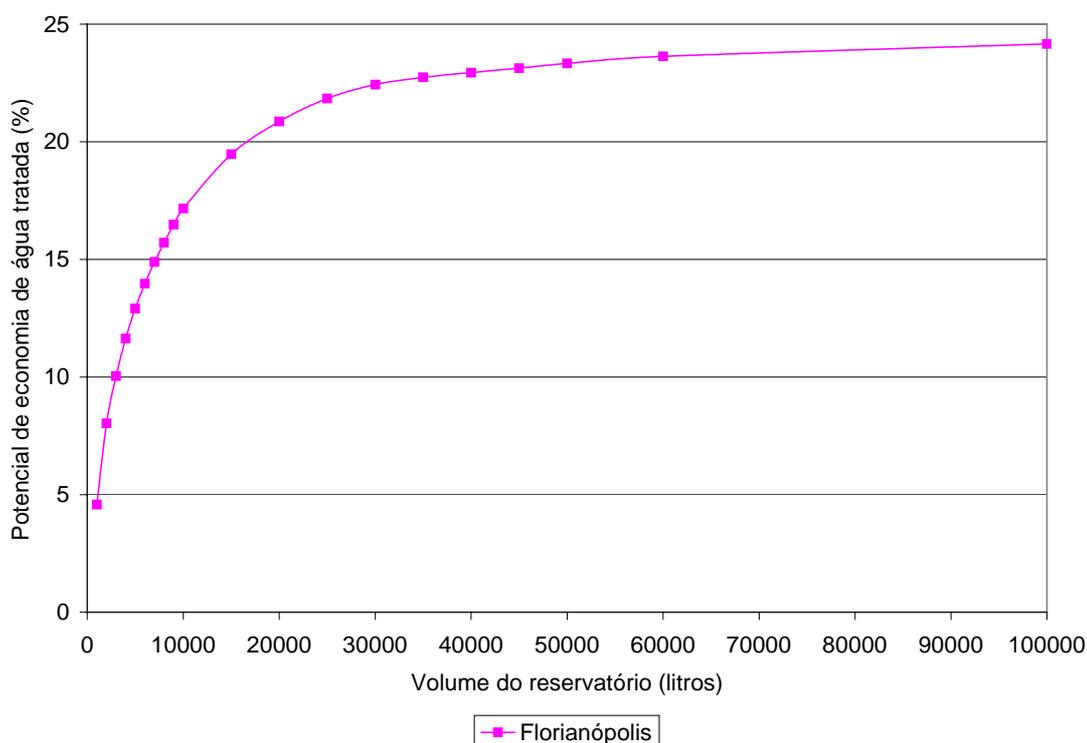
Ambiente	Área abertura ideal				Adotada
	15% piso	25% piso	20% parede (norte ou sul)	40% parede (norte ou sul)	
Diretoria	1.91	3.18	1.67	3.34	2.80
Almoxarifado	0.60	0.99	-	-	0.80
Despensa	0.90	1.50	0.88	1.76	1.40
Área de Serviço	1.38	2.30	1.21	2.42	2.30
Cozinha	3.64	6.06	2.20	4.40	3.77
Refeitório	3.75	6.25			4.48
A. Pedagógico	1.38	2.30	1.21	2.42	2.30
S. Professores	2.31	3.85	2.02	4.05	2.80
Secretaria	2.01	3.35	1.76	3.52	2.30
BWC's	0.75	1.26	-	-	0.96
WC df	0.66	1.10	-	-	0.96
BWC Infantil	2.51	4.19	1.47	2.95	2.65
Lactario	1.11	1.84	0.97	1.94	1.60
Estimulação/ Recepção	4.80	8.00	2.49	4.97	4.90
Berçario	5.25	8.75	3.08	6.16	6.02
Maternal 1	5.25	8.75	3.08	6.16	6.02
Maternal 2	5.40	9.01	3.08	6.16	6.16
Maternal 3	5.40	9.01	3.08	6.16	6.16
Bwc Infantil	2.73	4.55	1.76	3.52	2.96
Multimeios/ Brinquedoteca	3.06	5.11	2.68	5.37	4.48
WC's	0.97	1.61	0.85	1.69	1.15
Sala de Descanso	3.52	5.86	3.08	6.16	4.48

As aberturas zenitais servem para suplementar a iluminação natural das aberturas laterais. No caso das salas de aula (corte esquemático da Figura 6), as aberturas zenitais a norte também servem para garantir aquecimento solar com uso de massa térmica no período mais frio, visto que as paredes internas devem ser de tijolos maciços, e a abertura zenital permite a incidência solar nas paredes internas somente no inverno.

Nos corredores entre as salas de aula e as salas de apoio (brinquedoteca e descanso), a iluminação natural é garantida através de aberturas zenitais a sul. Para evitar que o pé-direito da circulação ficasse muito alto, foi proposta a utilização de pérgola no teto, que permitiu um rebaixamento visual na altura do forro, sem perder a iluminação natural vinda da iluminação zenital. A pérgola também permitiu a passagem da tubulação de água sobre ela, facilitando a manutenção deste sistema. Este mesmo sistema de iluminação zenital no corredor com uso de pérgola também foi utilizado no corredor da área administrativa e de apoio da creche.

Por ser uma creche, a utilização de águas pluviais nos banheiros será restrita na descarga dos vasos sanitários, na limpeza, na lavagem de piso, e ainda na rega da horta e jardim.

A população da creche foi estimada em 43 crianças por dia e 15 adultos. Considerando um consumo de 120 litros de água por dia por pessoa, o consumo total de água diário será de 6.960 litros de água por dia. Utilizando o software Netuno ([www.labeee.ufsc.br](http://www.labeee.ufsc.br)) foi feita uma estimativa de economia por capacidade de reservatório no uso de águas tratadas, a Figura 7 apresenta os resultados encontrados.



**Figura 7 – Potencial de economia de água tratada em função do volume do reservatório, para Florianópolis, consumo de 6960 litros de água diários e área de cobertura de 745 m<sup>2</sup>.**

O que se percebe pela Figura 7 é que a partir de 15.000 litros, o aumento percentual de economia de água tratada começa a ser menor devido ao aumento do volume da cisterna. Para o presente projeto foi adotada uma cisterna de 15.000 litros.

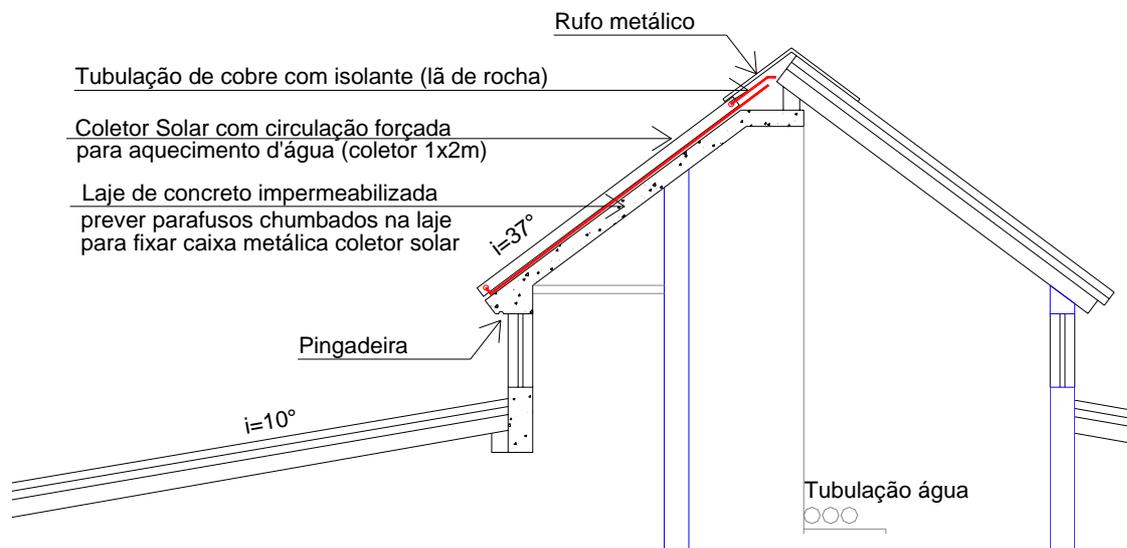
O volume de consumo de água total foi estimado em 6.960 litros, adotou-se no projeto a utilização de quatro reservatórios de água de 2.000 litros (totalizando 8.000 litros), sendo que um destes reservatórios superiores será utilizado para águas pluviais.

Na Figura 3, a área hachurada mostra a localização da colocação dos reservatórios superiores. Nesta figura observa-se que esta área é centralizada e permite uma melhor distribuição de água para todos os ambientes internos e facilita a chegada da água do alimentador predial (companhia de fornecimento de água). A localização dos reservatórios superiores determinou desta forma, a localização das cisternas de armazenamento de águas pluviais logo abaixo dele. O reservatório de água quente também foi colocado nesta região central.

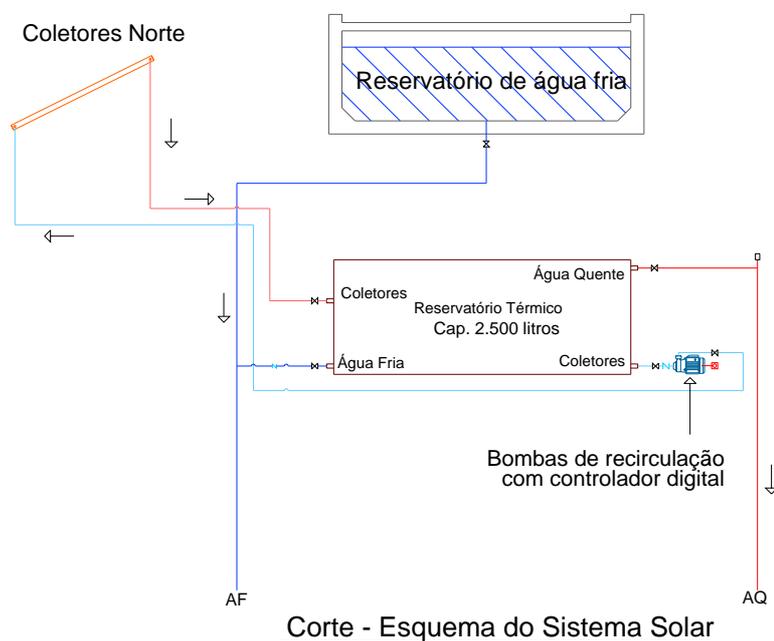
Foi feita uma estimativa de 30 litros de água quente por dia por banho por criança. Considerando que a capacidade é de 43 crianças por turno (matutino e vespertino), são 86 banhos diários, com uma necessidade diária de 2580 litros de água quente para banho. Numa pré-estimativa seriam necessários quase 35m<sup>2</sup> de coletores solares para aquecimento deste volume de água. No projeto, a colocação das placas solares para aquecimento d'água foram integradas na volumetria da edificação, e será possível a colocação de 36m<sup>2</sup> de placas. As placas foram dispostas em um único conjunto, com orientação norte e inclinação de 37°.

A Figura 9 mostra o esquema de distribuição da circulação de água entre os reservatório de água fria e água quente. Devido ao tamanho do sistema, está previsto uma bomba de recirculação com controlador digital, visto que o sistema não terá circulação natural e sim circulação forçada.

O misturador dos chuveiros, banheira do berçário, lavatórios de mãos para crianças terão um termostato (Ex.: Decaterm da Deca). Este termostato mistura a água quente que vem do reservatório térmico com a água fria, e mantém constante a temperatura escolhida independente do volume de água ajustado. Este termostato também impede a seleção involuntária da temperatura da água acima de 38°C, além de interromper o fluxo de água quente caso falte água fria.



**Figura 8 – Detalhe sem escala da colocação das placas solares para aquecimento d'água.**



**Corte - Esquema do Sistema Solar**

**Figura 9 – Esquema de circulação de água quente e fria num sistema de aquecimento de água por coletores solares com circulação forçada.**

Será instalado um sistema de aquecimento solar composto por 18 placas coletoras de 2 m<sup>2</sup> cada, totalizando 36 m<sup>2</sup> de área, que será completado por um reservatório térmico de 2500 litros. Maiores detalhes sobre o sistema podem ser observados na tabela 3. O funcionamento do sistema foi simulado utilizando o método F-chart (Duffie e Beckman, 1991) e os resultados da fração solar (economia de energia) média mensal e anual são apresentados na tabela 4. Os dados médios mensais de radiação solar e temperatura ambiente utilizados para a simulação foram obtidos a partir de dados medidos no período de 1990 a 1999 na estação solarimétrica do LABSOLAR (Abreu et al., 2000).

Tabela 3. Dados técnicos do sistema de aquecimento solar utilizado.

Parâmetro	Símbolo	Valor
Área do coletor	$A_c$	2,0 m <sup>2</sup>
Coefficiente linear da curva de rendimento do coletor	$F_R(\tau\alpha)$	0,67
Coefficiente angular da curva de rendimento do coletor	$F_R U_L$	20,661 kJ/(m <sup>2</sup> hK)
Coefficiente de modificação do ângulo de incidência	$b_0$	0,123
Volume do reservatório térmico	$V_{RT}$	2.500 litros
Potência do resistor de aquecimento auxiliar	$Q_{aux}$	xx W

Tabela 4. Fração solar obtida com a utilização do sistema de aquecimento solar.

mês	Economia[%]
JAN	61,7
FEV	64,6
MAR	64,9
ABR	68,6
MAI	62,3
JUN	46,3
JUL	47,8
AGO	49,4
SET	45,7
OUT	44,7
NOV	60,7
DEZ	64,8
ANUAL	56,2

### Análise econômica

A análise econômica de sistemas de aquecimento solar é feita geralmente comparando-se o custo operacional do sistema de aquecimento solar com o custo da alternativa sem aquecimento solar. No caso analisado, comparou-se a economia dos gastos com energia elétrica em relação aos

custos adicionais associados com a instalação do sistema de aquecimentos solar. Os custos da energia elétrica e equipamentos do sistema de equipamento solar são baseados em estimativas realizadas no mês de Abril de 2005. Os resultados serão apresentados na forma do retorno do investimento durante a vida útil, que é o valor presente da diferença de custo entre as duas alternativas durante toda a vida útil. Também pode ser observado o tempo de retorno do investimento, que é o tempo necessário para o custo adicional do sistema de aquecimento solar ser pago devido a sua economia de energia. Considerou-se um cenário econômico que desconsidera a inflação da energia elétrica, o que é conservativo em termos de vantagens para o sistema de aquecimento solar, e, uma taxa de desconto de 8% ao ano, que é um pouco superior à oferecida pela caderneta de poupança. Esses resultados podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5. Análise econômica do sistema de aquecimento solar utilizado.

<i>Custo de combustível no primeiro ano</i>	R\$ 4.578,00
Economia de combustível no primeiro ano	R\$ 5.882,00
Retorno na vida útil	R\$ 29.207,00
Investimento inicial	R\$ 28.546,00
<b>Tempo de retorno</b>	6,4 anos

## 4 Observações Finais

Este texto apresenta e justifica as tomadas de decisões de ante-projeto de uma creche com conceitos de eficiência energética e conforto térmico-lumínico aos seus ocupantes. A utilização de águas pluviais foi estudada para possibilitar seu uso em descargas de vasos sanitários, limpeza e rega de jardim.

Foi feito um estudo do clima aonde seria implantada a edificação, no caso a cidade de Florianópolis. A partir dos dados climáticos foram tomadas as decisões de projeto, como orientar a edificação com suas maiores fachadas a norte e sul, priorizando os ambientes de maior permanência a norte. A orientação norte na latitude de Florianópolis possibilita os ganhos de calor no inverno, e com a utilização de uma proteção solar horizontal, consegue-se um sombreamento das aberturas no verão. As calhas de concreto que servem para coleta de águas pluviais servem também como proteções horizontais. As aberturas foram dimensionadas seguindo ferramentas bioclimáticas, que

indicam a faixa ideal de área de aberturas para permitir ventilação no verão, e evitar a perda de calor interno no inverno.

A estimativa de consumo de água fria em creche junto com a possibilidade de acumulação de águas pluviais, permitiu avaliar o potencial de economia de água tratada com a utilização de águas pluviais em descargas de vasos sanitários, limpeza e rega de jardim.

Os coletores solares para aquecimento de água foram dimensionados conforme a necessidade de uso de água quente, e a localização dos mesmos foi pensada e projetada para fazer parte da volumetria da edificação. A disposição do reservatório de água foi pensado para centralizar o armazenamento, permitindo assim uma mais fácil distribuição pela edificação. Numa análise econômica do sistema de aquecimento solar utilizado na creche, obteve-se um tempo de retorno do investimento de 6,4 anos.

Este trabalho serve como exemplo de metodologia para elaboração de uma creche que segue os conceitos de arquitetura bioclimática.

Uma sugestão final que se faz tanto às Prefeituras quanto à Caixa Econômica Federal é referente a escolha do terreno para implantação de uma creche. A escolha do terreno deve levar em consideração além dos aspectos urbanos e topográficos, a orientação solar. A sugestão é escolher um terreno que permita a disposição dos ambientes de maior permanência, como salas de aula, todos orientados a norte (cidades localizadas em latitudes médias e altas).

## 5 Referências Bibliográficas

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Projeto de Norma 02:135.07-001**: Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003. 10p.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Projeto de Norma 02:135.07-002**: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003. 27p.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Projeto de Norma 02:135.07-003**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2003. 28p.

ABREU, S.L., COLLE, S., ALMEIDA, A.P., MANTELLI, S.L. **Qualificação e Recuperação de Dados de Radiação Solar Medidos em Florianópolis – SC.** In: ENCIT 2000 – 8th Brazilian Congress of Thermal Engineering and Sciences, Porto Alegre, Brasil, **Proceedings...**, 2000.

Conselho Estadual de Educação de Santa Catarina <http://www.cee.sc.gov.br/legisla.htm> acesso em 21.01.2005

DUFFIE ,J.A. e BECKMAN, W.A., **Solar Engineering of Thermal Processes**, John Willey & Sons, Inc, Nova Iorque, EUA, 2a. edição, 1991.

GIVONI, B. Comfort, climate, analysis and building design guidelines. **Energy and Building**, vol. 18, pp.11-23, julho/1992.

GOULART, S.V.G., LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação de Edificações para 14 Cidades Brasileiras.** Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção Civil, 1997.

HENDRICH, R. e OLYNIK, R. **Manual de Utilização das Águas Pluvias.** Curitiba: Livraria do Chain, 2002.

OLGYAY, V. e OLGAYAY, A. **Design with climate - bioclimatic approach to architectural regionalism.** New Jersey: 1973.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. A first step towards the Brazilian standardisation on thermal performance of buildings. In: COTEDI 2000, Venezuela. **Anais...** Venezuela: COTEDI, 2000. p.297-302.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Uma Proposta de Norma Técnica Brasileira sobre Desempenho Térmico de Habitações Populares. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza-CE. **Anais eletrônico...** Fortaleza: ENCAC,1999. Artigo número 288 (8 páginas).