

# DIRETRIZES PROJETUAIS PARA EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS DE UMA ECOVILA NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA NORDESTINA

LIMA, Mariana Brito de (1), MACEDO, Ilanna Paula de Oliveira (2), PEDRINI, Aldomar (3), ARAÚJO, Virgínia Maria Dantas de (4)

- (1) Arquiteta e Urbanista, Mestranda em Engenharia Urbana na UFPB, (marianarquitectura@yahoo.com.br)  
(2) Graduanda do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq, (ilannapaula@hotmail.com)  
(3) Engenheiro Mecânico, PhD, Professor Adjunto do Departamento de Arquitetura da UFRN, (apedrini@ufrnet.br)  
(4) Arquiteta e Urbanista, Doutora, Professor adjunto do Departamento de Arquitetura da UFRN, (virginia@ufrnet.br)

## Resumo

*A mudança das práticas construtivas e o aparecimento de alternativas tecnológicas sugerem que as diretrizes projetuais para as edificações residenciais na região semi-árida possam ser adaptadas ao novo cenário sócio-econômico. Isto é, enquanto as habitações de outrora que tiravam partido da inércia térmica estão sendo substituídas por sistemas convencionais de baixo desempenho, há novas tecnologias sustentáveis que estão emergindo e que podem ser compatíveis com a produção de residências sensíveis ao clima, além do resgate de tecnologias e métodos projetuais vernaculares que demonstram uma adaptação climática. O artigo trata do processo projetual de uma ecovila, com ênfase na bioclimatologia e permacultura. Trata-se de uma proposta específica para edificações residenciais destinadas ao refúgio e ao turismo de baixo impacto ambiental, próximo ao açude Gargalheiras, no município de Acari, no Rio Grande do Norte. O trabalho destaca os fundamentos e as recomendações projetuais e as compatibiliza com o programa do empreendimento. Os pré-projetos e alternativas são analisadas através simulações com ferramentas computacionais. Os resultados demonstram os benefícios das abordagens e confirmam tendências projetuais relacionadas ao uso racional dos recursos locais com vistas à eficiência energética da proposta.*

## Abstract

*Changes in building practice and the introduction of technology alternatives suggest that the design guidelines for residential buildings for the hot semi-arid climate should be adapted to the new social-economic condition. The out of date houses, which used to take advantage of thermal mass, have been replaced by conventional building system, which has a poor thermal performance. However, new sustainable technologies are emerging and some of them may be climate sensitive and feasible in production. Furthermore, they may recover vernacular methods and technologies, resulted from climate adaptation. The article shows the design process of an ecoville, and emphasizes the influence of bioclimatology and permaculture. The design solution is restricted to a specific type of residential buildings: retreat and tourism use, with minimum environmental impact in a rural area, close to the Gargalheiras dam, in Acari, Rio Grande do Norte. The study highlights the bioclimatic principles and design guidelines, in according with the design program. The sketches and the alternatives are assessed through simulations from energy tools. The results show the advantages of the approaches and confirm design tendencies related to the rational use of local resources as a way to improve the energy efficiency performance of the solution.*

## 1. Introdução

A história das sociedades humanas pode ser abordada como a história da apropriação e transformação da natureza. Ao longo desse processo milenar, as paisagens naturais estão sendo modificadas e os recursos naturais tendem para o esgotamento. Como consequência dessas transformações crescem, simultaneamente, as desigualdades sociais, a pobreza, a poluição e os desequilíbrios ecológicos. Em algumas regiões do Brasil, como no semi-árido do Nordeste, em face das altas temperaturas, da escassez de água e da baixa qualidade do solo, o problema alcança o nível de calamidade, sobretudo em períodos de estiagem. Esta situação adversa aponta para a necessidade de desenvolver saberes e tecnologias que atendam às condições sociais e ambientais existentes ali, tanto para a realização de atividades agrícolas quanto para construção de habitações e de outras instalações (LIMA & SANTOS, 2004).

Reconhecidamente, as habitações localizadas no semi-árido são o principal refúgio das pessoas durante os períodos climáticos mais hostis, necessitando de construções que apresentem uma grande inércia térmica devido às altas amplitudes de temperatura diárias. O clima quente e seco, por apresentar maiores adversidades quanto ao conforto do ambiente, indica uma necessidade maior de criação de microclimas e, portanto, adaptações construtivas que atendam ao conforto ambiental no ambiente construído.

O movimento de Ecovilas já está presente em vários países de todos os continentes, e atualmente já existem algumas ecovilas aqui no Brasil. Esse movimento encontra-se interligado com o Princípio da permacultura, que é um sistema de projeto para a criação de ambientes humanos sustentáveis. A permacultura lida com as plantas, animais, edificações e infra-estruturas e, principalmente, lida com as relações que podemos criar entre esses elementos por meio da forma em que os colocamos em um terreno (MOLLISOM, 1991).

Segundo os preceitos da permacultura, a arquitetura bioclimática é a que mais identifica com suas propostas: consiste no controle dos fluxos de energia entre o ser humano e o entorno (LIMA, 1995). O atendimento do conforto deve ser obtido preferencialmente através de recursos passivos, isto é, que não consomem energia, a exemplo da ventilação natural, barreiras à transferência de calor e iluminação natural dentre outros. Quanto não é possível, recursos ativos devem ser empregados, isto é, que consomem energia, à exemplo de ventilador de teto e resfriamento evaporativo indireto, dentre outros (SZOKOLAY, 1980).

Além dos recursos bioclimáticos, a arquitetura na permacultura também pode se beneficiar de outros recursos comuns à arquitetura sustentável e/ou “arquitetura verde” (EUROPEAN COMMISSION, 1999) ou mesmo “arquitetura ecológica”, que empregam:

- Sistemas construtivos com baixo conteúdo de energia; há preferência por uso de materiais que necessitam de pouca energia para serem produzidos, como tijolos de barro ao invés de tijolos de concreto.
- Materiais não tóxicos;
- Materiais com longa vida útil;
- Materiais locais;
- Materiais sustentáveis, como de madeira de reflorestamento;
- Paisagismo produtivo;
- Uso racional da água.

As habitações de uma ecovila são inteiramente projetadas para que o desperdício seja mínimo. Novos sistemas de reaproveitamento de água e até de lixo são implantados, o que representa um avanço tecnológico e, ao mesmo tempo, um trabalho de conservação dos recursos naturais.

O principal aspecto das edificações habitacionais de uma ecovila é a utilização de materiais construtivos alternativos. Os materiais empregados na construção costumam ser pouco agressivos ao ambiente, além de serem acessíveis financeiramente e garantirem condições de vida e conforto similares aos de uma habitação tradicional. Ligado ao uso destes materiais, há o resgate de técnicas construtivas locais (SATTLER, 2004). Materiais alternativos podem ser utilizados em combinação com técnicas que já existem há muito tempo. A taipa, por exemplo, é amplamente empregada nas edificações de ecovilas, e nada mais é do que uma técnica construtiva simples, conhecida há séculos, mas que acabou em desuso com a popularização das estruturas de concreto. As construções em madeira também são um exemplo dessa situação.

Quanto ao uso de novas fontes de energia, a utilização de aquecedores solares para água é um recurso viável. A produção de energia elétrica através de células fotovoltaicas ainda é cara se comparada com a compra da energia provida pela concessionária. Sua produção pode ser viável em situações em que não há infra-estrutura de distribuição de energia próxima ao consumidor. De qualquer maneira, a energia produzida por hidroelétricas, maior parte da produção nacional, configura-se como uma das fontes de energia mais limpa, mais barata e acessível. Já há estudos no Brasil e experiências com outras formas de produção e armazenamento de energia solar mais baratas no tocante principalmente ao aquecimento de água.

## 2. Diretrizes Projetuais

Este trabalho foi elaborado de forma multidisciplinar, contemplando como áreas de estudo a Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, especificamente o Conforto Ambiental, Projeto de Arquitetura e Planejamento Urbano e Regional. Teve-se como tema o Anteprojeto de Edificações Habitacionais de uma Ecovila, com ênfase na bioclimatologia e sustentabilidade. Procurou-se unir os estudos bioclimáticos específicos para o tipo de clima da região – o semi-árido, e a necessidade de projetar utilizando diretrizes e metodologias sustentáveis.

A partir da delimitação do tema e do objeto de estudo buscou-se um embasamento teórico a partir de pesquisa bibliográfica sobre temas relacionados a sustentabilidade, conforto ambiental, métodos construtivos alternativos, permacultura, construções rurais, paisagismo produtivo e outros assuntos relacionados ao tema, através de livros, artigos em revistas especializadas.

Teve-se como corpo principal do trabalho a análise bioclimática, realizada a partir do método de determinação de recomendações bioclimáticas e normas de desempenho térmico.

Segundo Olgyay (1963), o processo construtivo de um edifício climaticamente equilibrado consiste em quatro etapas: o estudo dos dados climáticos de uma região que envolve o conhecimento de seus elementos constituintes: temperatura, umidade relativa, radiação solar e efeito dos ventos; a avaliação biológica que deve estar baseada nas sensações humanas, buscando as condições de conforto térmico em qualquer época do ano; a avaliação das soluções tecnológicas que considerem: a escolha do lugar, a orientação e forma do edifício; os fatores de sombra, os movimentos do ar e o equilíbrio da temperatura interior; e a expressão arquitetônica resultante que deverá ser o produto dos diferentes elementos envolvidos.

A partir do estudo realizado na análise bioclimática partiu-se para o desenvolvimento dos primeiros esboços de projeto seguindo por simulações que foram executadas nos *softwares VisualDoe e Ecotect*.

O projeto das edificações habitacionais por se apresentar de uma forma não convencional – uma espiral- necessitou de uma pesquisa que auxiliasse na justificativa do partido formal. A etapa de concepção do projeto seguiu os estudos de conforto ambiental e uma pesquisa sobre referências de outras obras arquitetônicas e de um estudo conceitual sobre as possíveis analogias com a forma do projeto. Nesta fase do trabalho buscou-se justificar a escolha da forma, para que esta não se apresentasse somente como uma escolha puramente estética.

### 3. Caracterização da Área de Estudo

A área em estudo é o sertão nordestino, especificamente a microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte (IDEMA/RN, 2004). O projeto a ser desenvolvido será localizado no município de Acari (Figura 01), no Estado do Rio Grande do Norte, limite com o Estado da Paraíba, distando de 201 Km da capital (Natal).

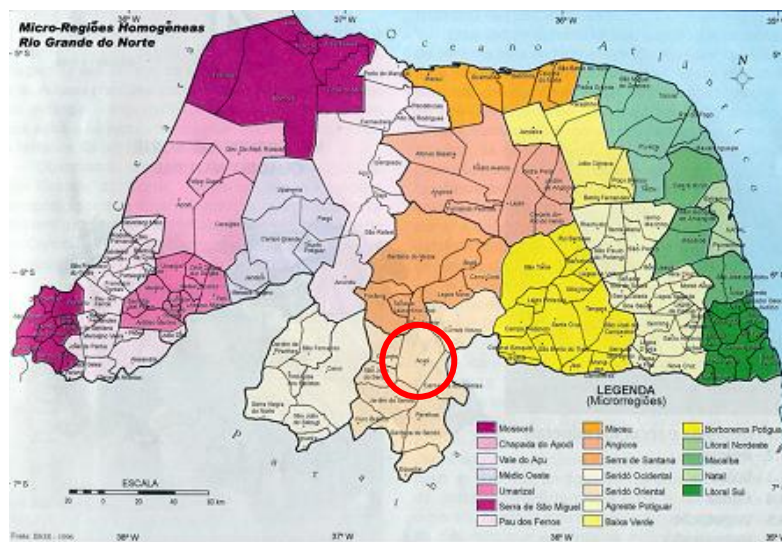


Figura 01: Mapa do Estado do Rio Grande do Norte. Em destaque o Município de Acari. Fonte: IDEMA/RN, 2004.

A área em estudo é o sertão nordestino, especificamente a microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte (IDEMA/RN, 2004). O projeto se destina à cidade de Acari, município ao sul do Estado do Rio Grande do Norte, limite com o Estado da Paraíba, distando de 201 Km da cidade do Natal. Esta região se caracteriza por seu clima quente e seco e por isso oferece maiores adversidades quanto ao conforto ambiental (Figura 02).





Figura 02 – Fotos da Região de Estudo. Fonte: Arq. Viviane Teles, 2004.

As características do clima semi-árido vão desde as grandes amplitudes de temperatura durante o dia (Figura 03), às grandes massas de ar quente, “conduzindo partículas de pó em suspensão nos seus deslocamentos no período seco” (ROMERO, 1988). Este clima, também denominado “quente-seco”, apresenta duas estações bem distintas: um período de seca e outro de chuva, radiação direta, intensa e baixo teor de umidade relativa do ar. A precipitação anual fica entre 250mm e 1.000mm, representando um déficit elevado durante todo o ano. A umidade relativa média anual é 64%. A temperatura média anual situa-se em torno de 27,5°C, com mínimas de 18°C e máximas de 33°C (IDEMA, 2004).

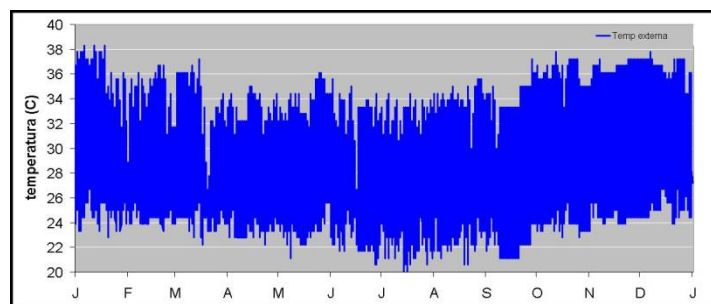


Figura 03: Gráfico da temperatura diária da cidade de Caicó-RN no semi-árido norte-riograndense.

A análise do clima foi baseada em dados climáticos do Município de Caicó/RN, do ano de 2003, obtidos através da estação solarimétrica do programa SWERA América Latina. A utilização dos dados da mencionada cidade foi escolhida porque são os únicos dados disponíveis na mesma microrregião.

#### 4. Métodos Empregados

O método de determinação de recomendações bioclimáticas baseado no Método de Givoni (1992), adaptado para o software Analysis (Lamberts et al., 2003), aponta que o clima de Acari/RN possui 18.6% de horas de conforto e 81.4% de horas de desconforto, sendo todas essas horas de calor, não havendo horas de desconforto para o frio.

As principais estratégias para atender o conforto são: resfriamento evaporativo em 68%, massa para resfriamento em 59.2%, ventilação em 35.9%, ar condicionado em 2.04% e sombreamento durante todo o ano (100 %) (Figura 04). Como não há necessidade de aquecimento da edificação, qualquer forma de transferência de calor de fora para dentro da edificação deve ser evitada, isto é, as transmitâncias térmicas devem ser baixas, aberturas envidraçadas não são apropriadas, sendo necessário à utilização de materiais e diretrizes construtivas específicas para esse clima.

A comparação entre o clima diurno e noturno demonstra a drástica variação de temperatura. Além disso, as ocorrências diurnas indicam o desconforto devido à alta temperatura e baixa umidade. À noite, as horas confortáveis devido às baixas temperaturas e umidades mais elevadas são mais frequentes.

As propostas também são compatíveis com as recomendações da norma “Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social” (ABNT, 2003), baseada no Método de Givoni (1992). Nesse caso, a

região em estudo correspondente a Zona Bioclimática 7 (Figura 05). As diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 7 apontam para “aberturas para ventilação pequenas e sombreadas” entre  $10\% < A < 15\%$  da área do piso, e as vedações externas devem ser pesadas (ABNT, 2003).

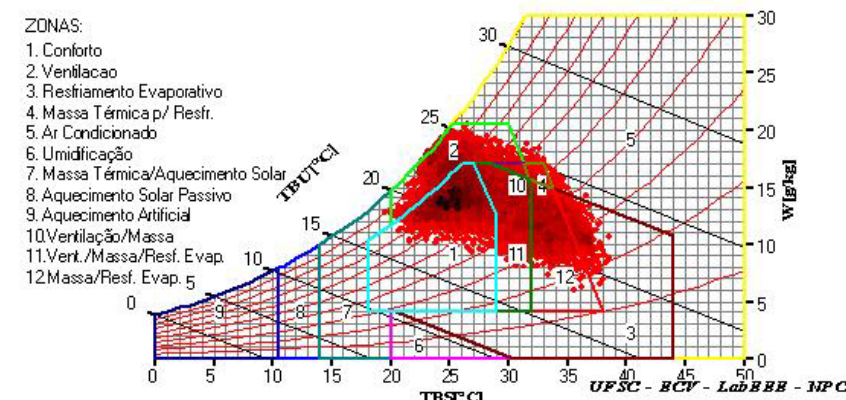


Figura 04 - Gráfico dos dados climáticos das 8.760 horas do ano de 2003.

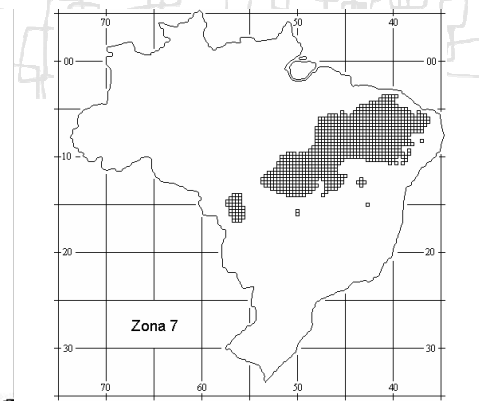


Figura 05: Mapa da Zona Bioclimática 7  
Fonte: ABNT, 2003.

Estes conceitos bioclimáticos são utilizados neste projeto através da sistematização das diretrizes e soluções traçadas. Segundo Viggiano (2004), as diretrizes bioclimáticas são “proposições genéricas que norteiam as decisões de projeto e geram as soluções bioclimáticas que são recursos arquitetônicos criados para suprir as diretrizes”. Como metodologia de projeto, foi criada uma tabela com todas as diretrizes e soluções para o projeto bioclimático, bem como as soluções adotadas.

A formulação das diretrizes deve sempre levar em conta uma pesquisa extensiva sobre modelos da arquitetura vernácula e contemporânea que tenham soluções de projeto claramente identificadas com o conforto humano. A arquitetura vernacular de uma região pode ser considerada como um conhecimento empírico de diretrizes bioclimáticas. Ela se inspira em modelos anteriores e enfatiza as características culturais e sociais. A arquitetura vernacular do clima quente e seco tem as seguintes características:

- construções compactas, impermeáveis ao vento, paredes e telhados com alta inércia térmica, cobertura refletiva e plana, e alternativas para a umidificação dos ambientes;
- uso controlado de ventilação, apenas desejável quando a temperatura externa for menor que a interna (como ventilação noturna) combinado com o uso da inércia térmica (Corbella, 2003);
- aberturas pequenas principalmente para evitar a radiação solar e a entrada de ar quente;
- sombreamento sempre que possível, como através da forma da edificação e da topografia;
- maiores dimensões orientadas para o Norte-Sul, e as fachadas Leste-Oeste projetadas com recursos que as transformem em barreiras térmicas.

## 5. Partido Arquitetônico

O sistema construtivo preferencial na região de estudo é a alvenaria de pedra e tijolo de adobe porque esses materiais proporcionam atraso térmico e são abundantes na região (o seridó é rico em pedreiras de granito). O tijolo de adobe pode ser facilmente produzido, pois existem também muitas olarias na região. Os fechamentos internos são em taipa leve, método construtivo de fácil execução que consiste na mistura de barro e capim para a construção de paredes. A fachada Oeste é seminterrada na maioria dos casos.

Quanto à cobertura, adota-se a laje plana com jardim, alternativa que também pode proporcionar atraso térmico. Enfatiza-se o uso de cores claras para diminuir a absorção de radiação solar e o uso da laje plana para reduzir a área de absorção. O sombreamento é obtido por esquadrias com venezianas móveis de madeira e pérgolas, além da própria forma da edificação e vegetação. A topografia do terreno proporciona sombreamento das fachadas Oeste durante todo o ano a partir das 13:00h (Figura 06).

### Stereographic Diagram

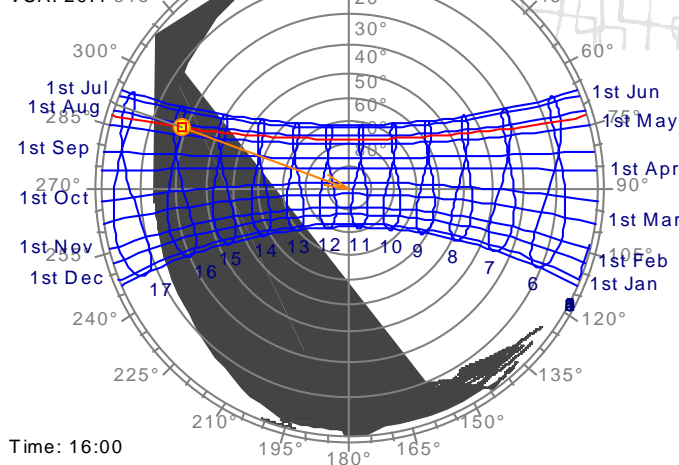
Location: -5.5°, -35.1°

Obj 10780 Orientation: 0.0° 0.0°

Sun Position: -70.0° 18.8°

HSA: 23.7°

VSA: 20.4° 315°



Time: 16:00

Date: 6th Aug (218)

Dotted lines: July-December.

Figura 06. Gráfico das Máscaras de sombras para diversos pontos do terreno.

As diretrizes foram formuladas a partir da análise dos fatores e elementos climáticos e também de pesquisa em torno de modelos de edificações já construídas. A partir deste estudo foi elaborada uma tabela com as diretrizes e suas soluções (Tabela 01), segundo Viggiano (2004). As soluções selecionadas para atender as diretrizes bioclimáticas foram escolhidas buscando principalmente a otimização da construção quanto ao custo e a disponibilidade do material na região, e a relação das diretrizes projetuais e o partido arquitetônico.

Tabela 01: Diretrizes e soluções para o projeto bioclimático

DIRETRIZES	SOLUÇÃO	SELEÇÃO
Seleção de sistemas construtivos	paredes externas em tijolo maciço / adobe	<input checked="" type="checkbox"/>
	paredes externas em pedra	<input checked="" type="checkbox"/>
	paredes externas em tijolo furado com revestimento térmico	<input type="checkbox"/>
	paredes internas em tijolo maciço	<input type="checkbox"/>
	paredes internas em taipa leve	<input checked="" type="checkbox"/>
	paredes pesadas: transmitância $u \leq 2,20 \text{ w/m}^2.\text{k}$ e atraso térmico $\geq 6,5$ horas	<input checked="" type="checkbox"/>
	cobertura de telha cerâmica com manta térmica	<input type="checkbox"/>
	cobertura com laje plana teto jardim	<input checked="" type="checkbox"/>
	cobertura pesada: transmitância $\leq 2,00 \text{ w/m}^2.\text{k}$ e atraso térmico $\geq 6,5$ horas	<input checked="" type="checkbox"/>
	inércia térmica do solo (ex: taludes)	<input checked="" type="checkbox"/>
Superfícies externas	superfície externa com cores claras: superfície exterior refletiva	<input checked="" type="checkbox"/>
	laje plana: superfície exterior refletiva	<input checked="" type="checkbox"/>
	geometria compacta	<input type="checkbox"/>
Sombreamento	poucas aberturas	<input checked="" type="checkbox"/>
	ambientes voltados para o interior	<input checked="" type="checkbox"/>
	uso de pátios internos	<input checked="" type="checkbox"/>
	janelas externas com venezianas	<input checked="" type="checkbox"/>
	janelas pequenas (10% a 15% da área do piso)	<input checked="" type="checkbox"/>
	varandas e pérgolas	<input checked="" type="checkbox"/>
Resfriamento evaporativo	utilizar áreas sombreadas pelo próprio terreno – topografia	<input checked="" type="checkbox"/>
	janelas com cântaros para umidificação do ambiente	<input checked="" type="checkbox"/>
	construção próxima a grandes massas de água	<input checked="" type="checkbox"/>
	sistemas autônomos de resfriamento evaporativo	<input checked="" type="checkbox"/>
	espelhos d'água	<input checked="" type="checkbox"/>
Vegetação	fontes	<input type="checkbox"/>
	beirais verdes	<input type="checkbox"/>
	jardins de "inverno"	<input checked="" type="checkbox"/>
Captação de água da chuva	vegetação nos pátios internos	<input checked="" type="checkbox"/>
	telhados ligados à cisterna de armazenamento de água	<input checked="" type="checkbox"/>
	água utilizada para resfriamento evaporativo	<input checked="" type="checkbox"/>

As análises de desempenho térmico da edificação se iniciam com um modelo simplificado baseado nos primeiros esboços. A intenção desta abordagem é comparar o impacto das estratégias entre as alternativas pré-selecionadas, antes de detalhar o projeto. As simulações foram executadas nos softwares *VisualDoe* (Eley Associates, 2000) e *Ecotect* (Marsh, 2001). O esboço foi simulado com características como ocupação de cinco pessoas durante 24 horas/dia, uso de iluminação artificial e de equipamentos eficientes, além de baixas taxas de infiltração de ar (janelas e portas fechadas).

### 6. Simulações do desempenho térmico da edificação

A primeira simulação com uma envoltória convencional – alvenaria em tijolo de oito furos, mostrou que as temperaturas internas poderiam ser muito mais quentes que as externas, atingindo até 20°C de diferença entre elas, o qual apresenta as temperaturas médias mensais horárias para cada mês. As temperaturas internas são freqüentemente acima da temperatura externa e não se enquadram nas temperaturas indicadas como zona de conforto. A análise das cargas térmicas mensais apontou que as principais fontes de calor são as paredes e a cobertura (Figura 07). A terceira maior componente é a geração de calor interna pelos ocupantes.

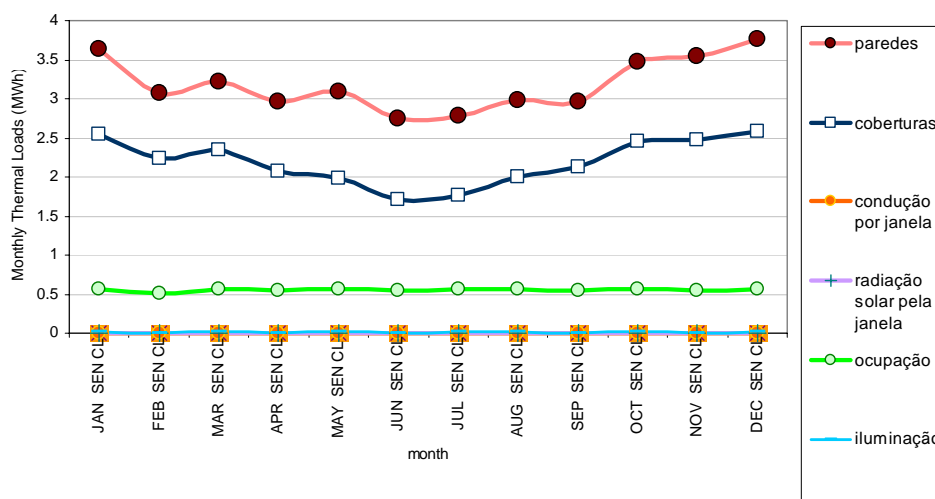


Figura 07. Cargas térmicas mensais mais influentes no desempenho.

As próximas simulações se concentraram na redução das cargas térmicas por esses componentes (Figura 08). A primeira alternativa foi o sombreamento das faces externas, o qual reduziu as amplitudes, as máximas e mínimas (temperatura de sombreamento). Entretanto as temperaturas sempre ficaram entre 30°C e 40°C.

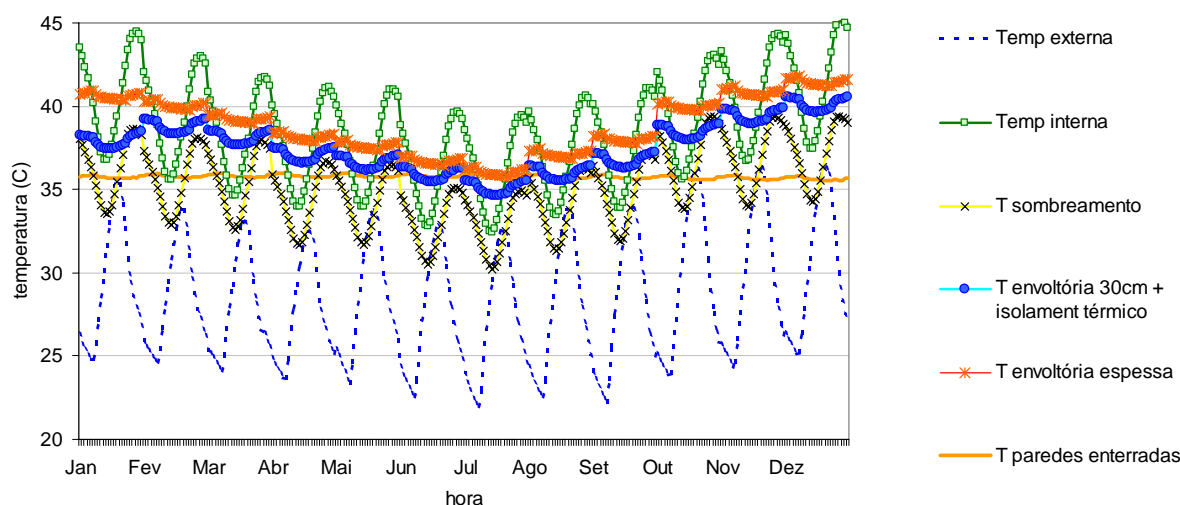


Figura 08. Alternativas de envoltórias



As simulações com envoltória de 30 cm de espessura e com isolamento térmico, assim como uma envoltória espessa de 90cm, não produziram melhores resultados: apenas reduziram as variações de temperaturas, as quais ficaram frequentemente acima de 35°C. Mesmo com a envoltória enterrada, o calor dissipado interno não permitiu que temperatura baixasse dos 35°C (temperatura da envoltória enterrada). Nesse estágio, ficou claro a necessidade de impedir o calor de entrar durante o dia, assim como de retirar o calor gerado internamente. Por isso, foram simuladas diversas variações de envoltória combinadas com o uso de ventilação noturna. O modelo de ventilação noturna considerou que as aberturas da edificação são abertas durante a noite, entre 22:00 horas e 5:00 horas. Esse intervalo foi identificado como ótimo, através de várias simulações com diferentes intervalos. A taxa de renovação estimada foi de 20 renovações de volume de ar do ambiente a cada hora.

Observa-se que o uso combinado de ventilação noturna e paredes enterradas são suficientes para trazer as temperaturas internas abaixo de 35°C (Figura 09). A adição de isolamento térmico na cobertura reduz ainda mais as temperaturas, porém a melhor opção é o uso de laje jardim na cobertura, a qual produziria uma temperatura máxima interna de 33°C e mínimas inferior à 20°C.

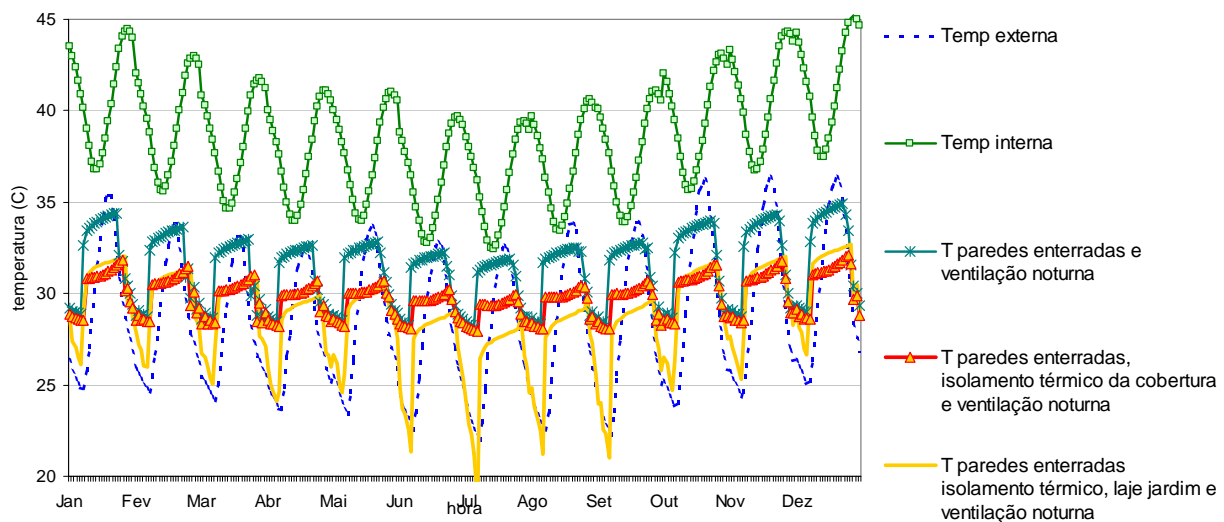


Figura 09. Gráfico das alternativas com ventilação noturna

Os resultados das simulações também confirmaram que as soluções pré-selecionadas são adequadas ao tipo de clima da região quanto ao conforto térmico, assim como indicam que as soluções usualmente utilizadas em construções convencionais populares podem apresentar um maior desconforto térmico.

## 7. Proposta das Edificações Habitacionais da Ecovila

A planta base é a habitação de 3 quartos, desta decorre as outras duas edificações habitacionais (um e dois quartos), mantendo a alvenaria em pedra no formato de espiral. As alterações mantêm a volumetria inicial, pois são feitas nas paredes internas de taipa leve.

As esquadrias são propostas em madeira com veneziana móvel – controle da ventilação e iluminação, de forma a evitar a ventilação diurna. A ventilação predominantemente leste, tem seu aproveitamento máximo no período noturno para resfriamento da edificação, utilizando-se a torre da escada como canalizador do vento. A proposta de paisagismo mantém a vegetação nativa, auxiliando também no resfriamento dos ventos.

O nível de intensidade de luminância é controlado pelas esquadrias com venezianas móveis e a torre da escada utiliza pedras de quartzo aleatoriamente inseridas na alvenaria para iluminação indireta.

Utilizou-se o paisagismo com espécies exóticas com copas maiores para auxiliar o sombreamento, pergolado de madeira mais ensolarada. A topografia do terreno auxilia o sombreamento da fachada oeste a partir das 13 horas durante todo o ano, conforme estudo da



carta solar do terreno, e o espelho d'água do sistema de reuso d'água auxilia a umidificação da edificação.

A alvenaria estrutural autoportante em pedra granítica é combinada com fechamentos em tijolo de adobe e taipa leve.

Os pisos internos são propostos em pedra granítica com dimensões de 1x1m, muito abundante na região. Nas regiões molhadas utiliza-se a cerâmica rústica. O piso externo propõe-se também a pedra granítica local com dimensões de 1x1m, apicoada.

O teto jardim foi proposto em laje plana de concreto com impermeabilização especial para a colocação de canteiros sob a laje e pavimentação com pedra e grama (Figuras 10 a 14).

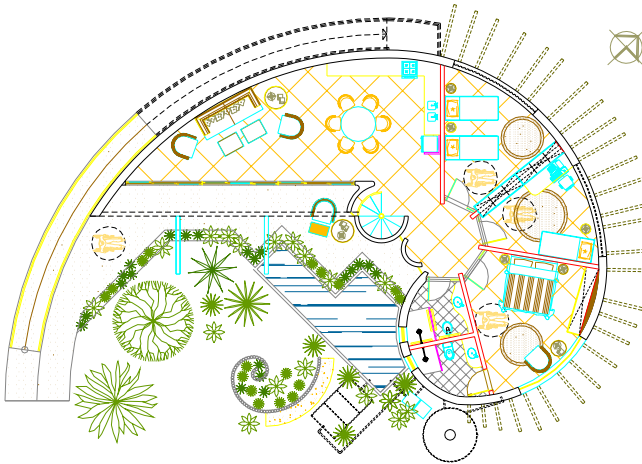


Figura 10 : Planta da Habitação Tipo 01: 3 quartos

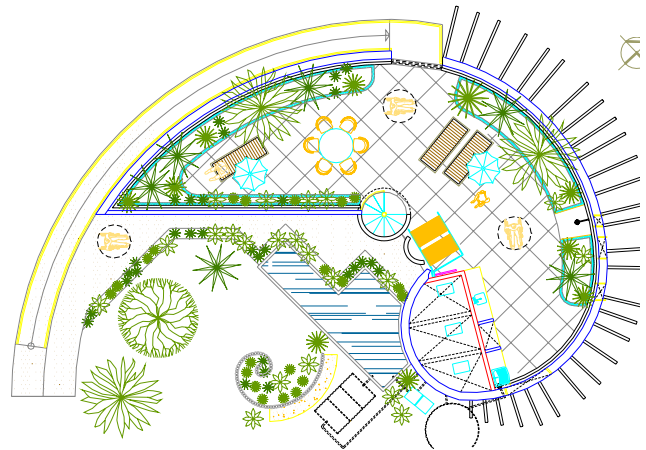


Figura 11: Teto Jardim da Habitação com ducha e churrasqueira

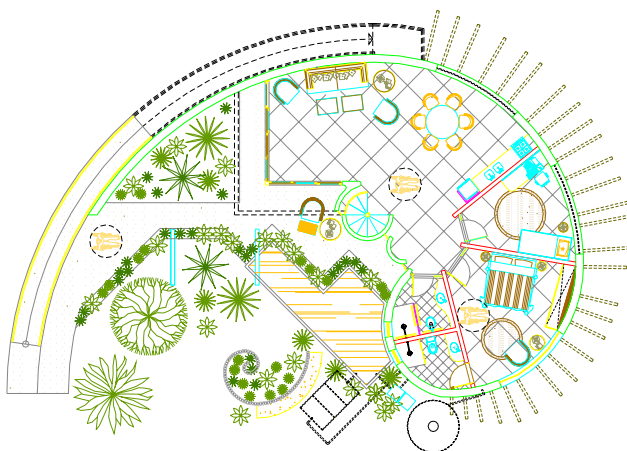


Figura 12: Habitação 02- 2 quartos

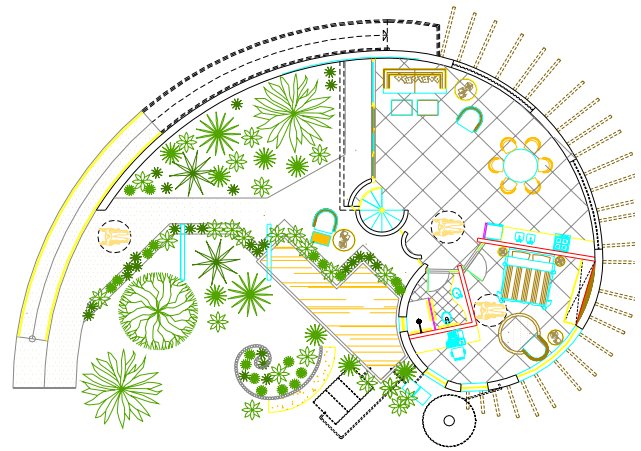


Figura 13: Habitação 03 – 1 quarto



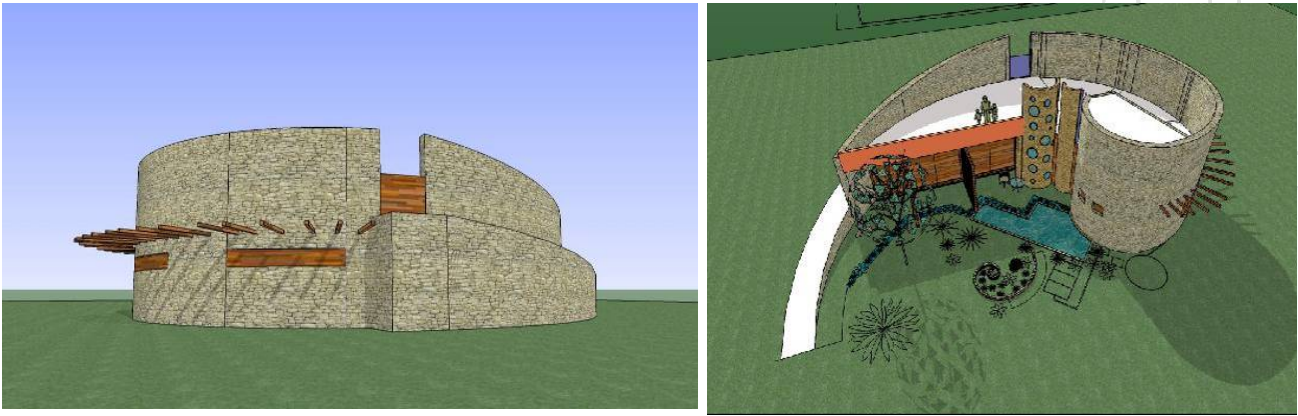


Figura 14 – Maquetes eletrônicas da proposta da Habitação Tipo 01.

## 8. Considerações Finais

O processo confirma a teoria que as recomendações podem ser suficientes para obter a solução projetual, definida no ante-projeto ou no esboço, enquanto que as ferramentas atuais de simulação (representada pelo *VisuaDOE*) são indicadas para o refinamento dessa solução.

A pesquisa mais abrangente e o uso de ferramentas de simulação confirmaram a teoria que as estratégias bioclimáticas adotadas pelos sertanejos ao longo do tempo são adequadas e que não deveriam ser substituídas pelas tendências de mercado, que ignoram as características regionais e padronizam as construções.

A utilização das diretrizes bioclimáticas é uma poderosa ferramenta de projeto que propicia ao projetista uma orientação coerente no que se refere à adaptação da futura construção ao seu clima. As soluções adotadas foram escolhidas de forma a adotar um partido arquitetônico coerente a idéia do projeto, tanto nas questões formais quanto nas questões funcionais.

A adoção dessas diretrizes como uma estratégia de projeto auxilia na criação de ambientes com maior qualidade de vida, atendendo as necessidades do homem no ambiente construído e no seu entorno, um ambiente integrado com as características da vida e do clima local, consumindo a menor quantidade de energia e atendendo às exigências térmicas de seus usuários.

Este estudo foi imprescindível para a definição do anteprojeto das casas e, apesar de algumas restrições, como a falta de dados do local sobre ventilação e a utilização de métodos e princípios bioclimáticos já questionados, que indicam zonas de conforto muito rígidas para a região nordestina, acredita-se que se chegou a um protótipo de habitação satisfatório, que pode servir como referencia para a construção em climas quente e seco.

As dificuldades e restrições encontradas durante a execução deste projeto incitaram a necessidade de aprofundamento do tema transformando este trabalho em um ponto de partida para uma pós-graduação na área de Eficiência Energética onde se procurará contribuir com o desenvolvimento dos estudos de bioclimatologia voltados para o clima semi-árido.

## 9. Referências Bibliográficas

ABNT. Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Projeto 02:135.07-001/3. Rio de Janeiro: ABNT: 7 p. 2003.

CORBELLA, Oscar. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos - Conforto Ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

EUROPEAN COMMISSION. A green Vitruvius : principles and practice of sustainable architectural design. London: James & James. 1999. 145 p.

GIVONI, B. Confort Climate Analysis and Building Design Guidelines. Energy and Buildings, v.18, n.1, p.11-23. 1992.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Perfil de seu Município. Aspectos Geoambientais e Socioeconômicos-ACARI. Natal: IDEMA, 2004.

LAMBERTS, R., SCHUCH, M., MATSUO, C. A., BUDAG, K. H., GOULART, S., DUTRA, L. e MENDES, N. Analysis Bio. Florianópolis, SC 2003.

LIMA, M. A. The Development of bioclimatic design. St. Lucia, Qld., 1995. 379 p.

LIMA, Mariana Brito de. SANTOS, Pedro Antonio de Lima. Arquitetura e Sustentabilidade no Semi-árido do Nordeste Brasileiro. In: 4º SIPAU: Seminário Internacional Sobre Pedagogia da Arquitetura e do Urbanismo. La Havana, 2004.

MARSH, A. WEATOOL, The Weather Tool: Climatic Visualisation and Design Analysis. Perth, Australia 1991.

MOLLISON, Bill, SLAY, Reny Mia. Introdução a Permacultura. Tyalgum: Tagari Publications, 1991.

OLGYAY, V. Design with climate : bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton, N.J.: Princeton University Press. 1963. 190p p.

ROMERO, Marta. Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano. São Paulo: Projeto, 1988.

SATTLER, Miguel Aloysio. Edificações sustentáveis: interface com a natureza do lugar. In: Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades: estratégias a partir de Porto Alegre. ALMEIDA, Gerson; MENEGAT, Rualdo (orgs). Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2004.

SZOKOLAY, S. V. Environmental science handbook for architects and builders. London: Construction Press. 1980. 532p p.

VIGGIANO, Marcos. Projetando com Diretrizes Bioclimáticas. In: [www.casaautonoma.com.br](http://www.casaautonoma.com.br). Acesso em: 22.10.04