

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
ARQUITETURA E URBANISMO**

**LUÍS FELLIPE VIANA MOURA**

**TELHADO VERDE: alternativa sustentável na arquitetura**

**São Luís  
2009**

**LUÍS FELLIPE VIANA MOURA**

**TELHADO VERDE: alternativa sustentável na arquitetura**

Monografia apresentada ao Curso de  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade  
Estadual do Maranhão como requisito  
parcial para obtenção do Grau em  
Bacharel em Arquitetura e Urbanismo  
Orientação: Prof<sup>o</sup>. Flávio Salomão.

**São Luís  
2009**

**LUÍS FELLIPE VIANA MOURA**

**TELHADO VERDE: alternativa sustentável na arquitetura**

Monografia apresentada ao Curso de  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade  
Estadual do Maranhão como requisito  
parcial para obtenção do Grau em  
Bacharel em Arquitetura e Urbanismo  
Orientação: Prof<sup>o</sup>. Flávio Salomão.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/ 2009

---

Prof<sup>o</sup>. Flávio Moraes Rêgo Salomão  
Orientador

---

Prof<sup>o</sup>. Geraldo Magela  
2<sup>o</sup> Examinador

---

Gilberto Sátiro  
3<sup>o</sup> Examinador (Convidado)

*À todos que, de qualquer forma, ao passarem pela  
minha vida, deixaram marcas que moldaram meu caráter.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo conforto espiritual e saúde.

À minha família, pelo total apoio e confiança.

À Sara, pelo carinho e companheirismo.

À minha mãe, pelo amor e suporte à educação.

Em especial à minha avó, pela paciência, garra e sabedoria, que se fez exemplo o qual levarei por toda vida.

*"Nós vencemos metade da batalha quando mudamos  
nossas mentes e aceitamos o mundo como o  
encontramos, inclusive os seus espinhos."  
( Orison Swett Marden )*

## RESUMO

O Brasil definitivamente é um país urbano. Mais de 2/3 da sua população total vive em meio urbano (IBGE, 2001). Associando o crescimento urbano ao uso do solo, vemos a extrema desordem e insubordinação legislativa ao qual esse processo está inserido, o famoso “jeitinho” brasileiro em imprimir seu domínio ao uso do solo. O uso negligente do solo vem limitando as funções naturais de áreas verdes e do solo propriamente dito, não os deixando absorver a radiação, recolher aos lençóis freáticos as águas pluviais e proporcionar conforto térmico natural, trazendo à tona impactos ambientais negativos. Acuadas pelo medo de um colapso futuro, diversas práticas eco-sustentáveis estão sendo adotadas pela atual sociedade. No campo da Arquitetura e Urbanismo, estudos têm revelado a importância de se preservar, e principalmente, formas de devolver aos grandes centros urbanos suas características ambientais naturais sem abrir mão do “incontrolável” processo de urbanização. A técnica conhecida como Telhado Verde, a muito existente, tem se tornado uma grande ferramenta na retomada ambiental do mundo contemporâneo. Países europeus e asiáticos se destacam pelo fato de já terem ligadas às suas legislações a implantação do Telhado Verde. É um meio rápido e fácil, além de aplicável em qualquer parte, pois a flexibilidade de seus elementos o permite adaptar-se a aspectos regionais, de se reverter os impactos ambientais, e sua reflexão social, onde não somente o usuário se torna privilegiado pela retomada do convívio com o verde, mas também pelo resgate das condições naturais de sustentabilidade a todos os cidadãos, habitantes da urbe.

**PALAVRAS-CHAVE:** Telhado Verde, Urbanização, Impactos Ambientais, Sustentabilidade, Meio Ambiente, Técnica.

## **ABSTRACT**

Brazil is definitely a urban country. Over 2/3 of its total population live in an urban environment (IBGE, 2001). associating the urban growing with the soil usage, we can see the great disorder and legislative insubordination in which this process is inserted: the famous "Brazilian way" that shows its dominium within soil usage. The negligent usage of the soil has been limiting the green areas natural functions and the soil itself, not letting them absorb solar radiation, take the pluvial water to the phreatic zone nor bring natural thermal comfort, which leads to negative environmental impacts. Fearing a future collapse, several ecological actions are being adopted by the current society. Within the Architecture and Urbanism field studies have revealed the preservation importance, and mostly, ways to recover the natural environment characteristics of large urban areas without forgetting the incontrollable urbanization process. The technique known as Green Rooftop, existent for a long time, has become a great tool on environment recovery of the contemporary world. European and Asian countries are highlighted due to the fact they have already linked to their legislation the implementation of Green Rooftops. It's an easy and fast way besides of being applicable anywhere for the flexibility of its elements allows it to adapt itself to the local aspects, to revert the environmental impacts and its social repercussion where not only the user becomes privileged by the means of returning to a life within the green, but also for the rescue of sustainability's natural conditions for all citizens, inhabitants of a urb.

**KEYWORDS:** Green Rooftop, Urbanization, Environmental Impacts, Sustainability, Environment, Technique.

MOURA, Luís Felipe Viana, 1984-

Telhado Verde: alternativa sustentável na arquitetura / Luís Felipe Viana Moura. – São Luis, 2009.

79 f. : il. color. ; 30cm

Orientador: Profº. Flávio Moraes Rêgo Salomão, Especialista.

Trabalho Final de Graduação (Monografia) – Universidade Estadual do Maranhão, Curso de Arquitetura e Urbanismo, 2009.

1. Telhado Verde. 2. Impactos Ambientais. 3. Sustentabilidade. I. Salomão, Flávio Moraes Rêgo. II. Universidade Estadual do Maranhão. Curso de Arquitetura e Urbanismo. III. Telhado Verde.

CDU: 72:504

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Projeção da População Brasileira até 2050.....	20
Tabela 2 – População residente, por situação do domicílio – Brasil – 1940/2000.....	20
Tabela 3– Emissão de Gases Tóxicos no Planeta - 1970/2002.....	28
Tabela 4– Emissão de Chumbo - 1970/2002. ....	28
Tabela 5- Comparação entre os sistemas Intensivos e Extensivos de coberturas ajardinadas.....	35
Tabela 6– Avaliação do Desempenho de mudas de gramas-esmeraldas cultivadas em bandejas.....	44
Tabela 7– Médias Climatológicas de São Luís – Período 1961 a 1990. ....	54
Tabela 8– Volume Mensal de Águas para Reaproveitamento de acordo com a Tab.07 .....	55
Tabela 9– Comparação entre as Áreas de Cobertura e Verdes no período de 1970 até 2009, e em relação à adoção do Telhado Verde.....	56
Tabela 10– Valores Médios de Absorção Solar, Emissividade, Condutividade e Calor Específico da Telha de Fibrocimento (TFC) e do Telhado Verde (TV).....	57
Tabela 11– Comparação entre os Valores Médios do Telhado Verde (TV) e A Telha de Fibrocimento (TFC). ....	58
Tabela 12– Comparação entre os Valores de Calor Específico do Telhado Verde (TV) e A Telha de Fibrocimento (TFC). ....	59
Tabela 13– Custos Mensais (R\$) do uso de Condicionadores e Aquecedores, em São Luís- MA.....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Cidade de São Luís, MA.....	21
Figura 2. Ilustração do Ciclo do Efeito Estufa.....	24
Figura 3. Aumento da Temperatura Global. ....	25
Figura 4. Foto da enchente em Teresina, Piauí. ....	26
Figura 5. Alagamento na cidade de Teresina, Piauí.....	27
Figura 6. Jardins Suspensos da Babilônia. ....	29
Figura 7. Exemplos de Casas Vikings.....	30
Figura 8. Terraço-Jardim projetado por Burle Marx, Ed. Gustavo Capanema. (Antiga sede do Ministério da Educação e da Saúde).....	31
Figura 9. Exemplos de Cobertura Intensiva, a Prefeitura Municipal de São Paulo (à esquerda) e o Trump Tower Center (direta). ....	33
Figura 10. Exemplo de Cobertura Extensiva - Centro Educacional para Sustentabilidade (CES), da Fundação Alphaville, Santana do Parnaíba, SP. ....	33
Figura 11. Exemplo de Cobertura Extensiva – Modern OUTrial House. Ksiazence, Poland. ....	34
Figura 12. Exemplos de Cobertura Semi-Intensiva.....	34
Figura 13. Exemplo de Telhado Verde Extensivo, com todas as camadas.....	36
Figura 14. Exemplo de Telhado Verde Extensivo com as camadas básicas. ....	36
Figura 15. Construção de Telhado Verde em estrutura de Madeira – 1ª Etapa. Fonte: PlanetaSustentávelAbril.com, 2009. ....	37
Figura 16. Construção de Telhado Verde em estrutura de Madeira – 2ª e 3ª Etapas. Fonte: PlanetaSustentávelAbril.com, 2009. ....	37
Figura 17. Construção de Telhado Verde em estrutura de Madeira: plantio da Vegetação. Fonte: PlanetaSustentávelAbril.com, 2009. ....	38
Figura 18. Exemplo de telha fibrocimento ondulada 8mm e dimensões. Fonte: PlanetaSustentávelAbril.com, 2009. ....	39
Figura 19. Exemplos de Impermeabilizações a quente (esquerda) e a frio (direita)..	40
Figura 20. Exemplos de Geotêxteis: 01 – Tecido com fitas; 02 – Tecido com fitas e filamentos; 03 – Não-tecido comprimidos e aquecidos; 04 – Não-tecido com fios entrelaçados; 05 – Tecido de filamento com monofilamento. ....	41

Figura 21. Aplicação de Geotêxtil em Telhado Verde e foto ilustrativa do tecido Geotêxtil. ....	42
Figura 22. Estrutura vegetal das gramas. ....	45
Figura 23. Localização da Residência escolhida para Adequação à Técnica do Telhado Verde.....	46
Figura 24. Fotos de pontos de alagamentos dentro do 3º Conjunto da Cohab-Anil (próximos ao Terminal de Integração) provocados por RunOff. Chuva registrada no dia 11/7/2009. Duração das 12:03 hs às 12:15 hs. ....	50
Figura 25. Comparação entre as áreas verdes existentes em 1970 e atualmente....	51
Figura 26. Levantamento Fotográfico.....	73
Figura 27. Levantamento Fotográfico.....	73
Figura 28. Levantamento Fotográfico.....	74
Figura 29. Levantamento Fotográfico.....	74

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 GERAL .....	15
2.2 ESPECÍFICO.....	15
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>16</b>
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
<b>5 REFERENCIAL TEÓRICO E DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>19</b>
5.1 PANORAMA AMBIENTAL URBANO .....	19
5.2 ASPECTOS AMBIENTAIS REGIONAIS .....	21
5.3 PROBLEMAS AMBIENTAIS URBANOS.....	23
5.3.1 Ilha de Calor Urbana .....	23
5.3.2 Alteração dos Processos Hídricos .....	25
5.3.3 Poluição Atmosférica: Emissão de CO <sup>2</sup> .....	27
5.4 A TÉCNICA DO TELHADO VERDE .....	29
5.4.1 Breve Histórico .....	29
5.5 DETALHAMENTO TÉCNICO: As camadas do Telhado Verde.....	32
5.5.1 Tipos de Cobertura Vegetal.....	32
5.5.2 Materiais e Elementos do Telhado Verde.....	35
5.5.2.1 Estrutura.....	36
5.5.2.2 Cobertura de Fibrocimento.....	38
5.5.2.3 Impermeabilização .....	39
5.5.2.4 Camada Drenante .....	41
5.5.2.5 Camada de Substrato.....	42
5.5.2.6 Camada de Plantio.....	44
<b>6 PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO ARQUITETÔNICA</b> .....	<b>46</b>
6.1 ASPECTOS GERAIS DA ADEQUAÇÃO.....	46
6.2 IMPACTOS AMBIENTAIS: NEGATIVOS E POSITIVOS.....	48
6.2.1 Impactos Negativos.....	49
6.2.1.1 Aumento do RunOff.....	49

6.2.1.2 Diminuição da Evapotranspiração.....	51
6.2.1.3 Maior exposição à Radiação .....	52
6.2.2 Impactos Positivos .....	53
6.2. 2.1 Controle do RunOff.....	53
6.2.2.2 Controle da Qualidade do Ar.....	55
6.2.2.3 Formação de Barreira contra a Radiação Solar .....	56
6.2.2.4 Benefícios Econômicos .....	60
<b>7 CONSIDERAÇÃO FINAL .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE A – ENTREVISTA COM MARIA CÉLIA B. VIANA .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE B – CRONOGRAMA DE ETAPAS .....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE C – LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO E FOTOGRÁFICO.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE D – ADEQUAÇÃO ARQUITETÔNICA .....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil chegou ao final do século XX como um país urbano: em 2000 a população urbana ultrapassou 2/3 da população total, e atingiu a marca dos 138 milhões de pessoas (IBGE, 2001). Em consequência dessa urbanização irresponsável e negligente, hoje vivemos sob condições de “extremismos” climáticos onde o corpo humano é afetado de forma negativa pela interação instável de cinco fatores naturais: a temperatura, a radiação solar, o vento, a umidade e as precipitações pluviais.

O “inchaço” urbano, aglomerados que cresceram sob características espontâneas – sob forma de invasões e favelas – e anárquicas – empreendimentos que não se preocupam em contrariar as leis urbanísticas – nos revela a deficitária abrangência do raio de ação do Estado que não consegue crescer em proporção igual, ou seja, a falta de planejamento público sob aspectos sanitários e ecológicos acaba por deixar a população à mercê de catástrofes ambientais como: inundações, ilhas de calor, redemoinhos de pó, depreciação da qualidade do ar e da água, etc.

Existe uma crescente corrente ambientalista que procura meios para reverter esse quadro caótico dos grandes centros. Através de pesquisas e projeções nos alertam como o comportamento urbano contemporâneo tem atuado como catalisador nos impactos ambientais, mas, também se preocupam em apontar exemplos de ações que levadas à prática amenizam seus efeitos. Um exemplo de grande relevância, e objeto de estudo deste trabalho, é a técnica construtiva chamada de Telhado Verde.

O Telhado Verde foi usado inicialmente apenas como sistema de manutenção da temperatura interna nas edificações. Ao longo dos tempos foram sendo reveladas outras propriedades bastante relevantes: a redução do escoamento superficial, a captação e filtragem das águas pluviais para reuso, etc., mas nunca deixando de lado suas propriedades ornamentais.

Em países como a Alemanha, quem tem área construída e não capta água das chuvas é multado, e quem constrói um telhado verde e maneja a água que cai sobre a própria casa recebe um subsídio do governo. Dados de 2001 mostram que o país ganhou em 20 anos 14 milhões de metros quadrados de tetos verdes (Revista Época, 2008). Segundo uma normativa do governo municipal de Tóquio, todos os

edifícios construídos depois de 2001 cuja cobertura tenha extensão superior aos 1000 m<sup>2</sup> deverão converter em ‘verde’ pelo menos um 20 % de sua superfície (Massad e Guerrero, 2008).

Le Corbusier, em estudos sobre conceitos relativos ao verde urbano, concebia a idéia de cidade do futuro ancorada em seus tetos-jardim integrados aos espaços habitados, à liberação do solo. Dizia:

“O concreto armado chega ao teto – terraço e, com uma capa de quinze ou vinte centímetros de terra, ao teto-jardim. A grama dá sombra e as raízes comprimidas formam um espesso feltro isolante. Isolante do frio e isolante do calor. Ou seja, um produto isotérmico gratuito que não precisa nenhuma manutenção”, e também, “O jardim do teto tem vida própria; graças do sol, das chuvas, dos ventos e dos pássaros portadores de sementes” (MASCARÓ, 2009).

Resta-nos agora, apenas reafirmar a discussão sobre o Telhado Verde, pesquisando e desenvolvendo métodos capazes de tornar viável o seu uso dentro de um enfoque regional, na tentativa de popularizar seu uso e ajudando a reequilibrar o ecossistema urbano regional e mundial.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Propor o uso de uma técnica construtiva de grande valor sustentável, o Telhado Verde, dentro da modalidade extensiva, como alternativa ecologicamente correta na tentativa de reduzir e/ou reverter o atual quadro ambiental de uma edificação residencial unifamiliar térrea, mostrando como isso afetaria positivamente no ecossistema urbano ludovicense.

### **2.2 ESPECÍFICO**

- a) Entender as origens dos problemas ambientais urbanos, do ponto de vista da Arquitetura e Urbanismo;
- b) Detalhar a técnica do Telhado Verde;
- c) Indicar os materiais mais apropriados a sua utilização em São Luís - MA;
- d) Tornar de conhecimento público as vantagens em se usar o Telhado Verde para a edificação, e em consequência, para o meio urbano;
- e) Orientar, através de uma proposta de adequação arquitetônica, a correta aplicação do Telhado Verde.

### 3 JUSTIFICATIVA

Observando o perfil hostil apresentado pela natureza nos últimos tempos, principalmente em relação ao meio urbano: mudança no período de chuvas (incluindo fatores como intensidade e duração), aumento da temperatura média nos grandes centros, a ascensão de particulados poluentes (nuvens de pó), e as altas taxas de emissão de CO<sup>2</sup>, com o uso desenfreado de energias não-renováveis; e relacionando suas características aos seus correspondentes impactos: a formação de enchentes em questão de minutos de precipitação, a acumulação térmica que provoca certo desconforto prejudicial à saúde, a diminuição da qualidade do ar atmosférico, e o surgimento de núcleos de “efeito estufa” nas cidades; não é necessário profundo estudo para que saibamos identificar a ação do homem através da máscara da urbanização.

Urbanização esta que na verdade, por negligência e irresponsabilidade, tanto de caráter público, representado por políticos despreocupados com questões ambientais e de saneamento básico interligados ao uso do solo urbano, como de caráter individual, através de indivíduos que desrespeitam leis que protegem a naturalidade do solo urbano, tem cada vez mais explorado o território urbano em atendimento ao mercado imobiliário, apenas tangenciando temas e conceitos ambientais para fins publicitários.

Em meio a estas questões, propõem-se a utilização de uma técnica de valor sustentável significativo, o Telhado Verde, para diminuir/amenizar os efeitos da acelerada urbanização nos grandes centros.

Foco de muitas pesquisas, o Telhado Verde (também chamado de teto-jardim e eco-telhado) aparece como um aliado eficaz e eficiente na corrida pelo re-equilíbrio do ecossistema urbano. Suas abordagens são diversas: retardamento do escoamento superficial de origem pluvial, proteção contra os raios solares, “balanceador” térmico, purificador de ar, filtro poderoso no reuso da água, redução do consumo de energia, etc.

A relevância de se estudar essa técnica construtiva, está na responsabilidade em definir a sua viabilidade técnica, criando um suporte científico que dê base segura em sua aplicação, e na escolha de materiais e elementos, considerando sua

disponibilidade no mercado e desempenho específicos para sua região, para a produção de projetos residenciais de baixo impacto ambiental ou como requalificação de projetos a uma ótica sustentável, tanto para a própria edificação quanto para o meio urbano ao qual ela está inserida.

## 4 METODOLOGIA

Este trabalho de pesquisa é constituído de consultas bibliográficas (livros, artigos científicos, textos, quadros estatísticos e periódicos) que tratam do tema proposto, buscando soluções práticas para resolver problemas concretos, e interferindo desse modo na realidade estudada no sentido de modificá-la; visitas a órgãos públicos para coleta de dados documentais; observação da realidade, através de registro fotográfico; e, pareceres de profissionais da área que atuam no município de São Luís. Para tanto, a pesquisa se classifica como ciência metodológica e prática, de natureza científica, objetivando explorar, descrever e explicar através de pesquisas documentais e bibliográficas uma alternativa sustentável viável dentro da aplicabilidade do Telhado Verde.

Serão citados autores que promovem discussão dentro das áreas da Sustentabilidade, Arquitetura, Urbanismo, Engenharia Sanitária, Engenharia Ambiental, Problemas Urbanos, Planejamento Urbano.

## 5 REFERENCIAL TEÓRICO E DESENVOLVIMENTO

### 5.1 PANORAMA AMBIENTAL URBANO

Da luta diária por um pedaço de terra para fixar morada das classes sociais mais baixas, incluindo programas sociais cujos projetos são “espelhados” e “copiados”, ao espetaculoso mundo do mercado imobiliário abastecido pela grandeza dos ricos, e pela ganância da classe média, todos estamos envolvidos no processo de urbanização (ocupação/invasão) desenfreada e irregular atuantes nos territórios abrangidos pelas nossas cidades.

Dessa forma nos tornamos culpados, ou no mínimo cúmplices, por agir de modo subjetivo, colocando em primeiro plano o interesse pessoal, e alheio, não se importando com ações que afetam o coletivo, negligenciando os problemas ambientais que nos são mostrados diariamente (secas, enchentes, desabamentos, aumento gradual da temperatura, inconstâncias pluviais, etc.) e os quais já estão fugindo do nosso controle. É certo que ações ecológicas como fazer a coleta seletiva do lixo, plantar árvores e frear o consumismo desnecessário são ótimas atitudes a se praticar, mas, e se “esticamos” um pouco mais a área construída da nossa casa, desrespeitando a área livre mínima exigida pela legislação, será que não estaríamos além de anulando esses pequenos atos, provocando um impacto ainda maior ao meio urbano?

Tendo como base projetos sociais governamentais (o PAR, por exemplo) que indicam uma área mínima de ocupação por família de 37m<sup>2</sup>, e comparando com estudos realizados nos anos de 2000/2008 pelo IBGE, que prevêem para o ano de 2050 uma população total de 215.287.463 habitantes no Brasil (Tab. 01), e mostrando também a contínua transferência da situação do domicílio, de rural para urbana (Tab.02), nos leva a pensar que se atualmente os impactos ambientais causados pela má gestão do solo, tanto por parte subjetiva quanto alheia, ou seja, particular ou pública, estão nos afetando de modo bastante contundente, imagine

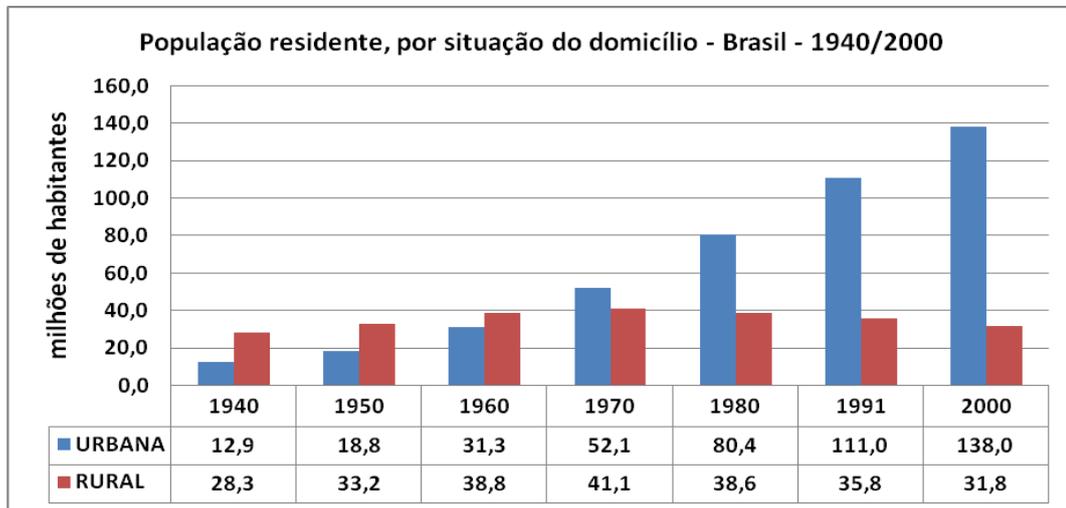
então as coisas caminhando nesse ritmo até 2050, ou melhor, quem sabe até 2050...

**Tabela 1 – Projeção da População Brasileira até 2050.**



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 1980-2050 – Revisão 2008

**Tabela 2 – População residente, por situação do domicílio – Brasil – 1940/2000.**



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Tendências Demográficas, 2000. IBGE, 2001.

## 5.2 ASPECTOS AMBIENTAIS REGIONAIS



Figura 1. Localização da Cidade de São Luís, MA.  
Fonte: Google Earth, 2009.

A cidade de São Luís localiza-se a  $2^{\circ} 32'$  (S) de latitude,  $44^{\circ} 17'$  (W) de longitude e altitude média de 62m, na região do extremo norte do Estado do Maranhão (Figura 01). O clima de São Luís é tropical, quente e úmido. A temperatura mínima na maior parte do ano fica entre 20 e 23 graus e a máxima geralmente fica entre 29 e 31 graus. Apresenta duas estações distintas: a estação seca, de agosto a dezembro, e a estação chuvosa, de janeiro a julho. A média pluviométrica é de 2325 mm (INPE/CPTEC). A menor temperatura já registrada na cidade foi de  $16^{\circ}\text{C}$  no mês de maio, e a temperatura máxima já registrada foi de  $38^{\circ}\text{C}$ , na sombra, no mês de novembro (Núcleo Estadual de Meteorologia e Recursos Hídricos - NEMRH).

Os demais componentes climáticos apresentaram as seguintes médias anuais:

- a) Precipitação pluviométrica: 2.325 mm;
- b) Umidade relativa média do ar: 89,5% (de janeiro a junho /2009);

- c) Pressão atmosférica média: 1007,7 (mb);
- d) Evapotranspiração potencial: 1727,5 (mm);
- e) Velocidade média do vento: 2,3 m/s;
- f) Insolação em média de 2.766,3 horas/ano.

As alterações climáticas globais estão mais próximas de nós do que imaginamos e, segundo entrevista feita pelo jornal O Estado do Maranhão em outubro de 2008 ao meteorologista Márcio Eloi, do Laboratório de Meteorologia da Universidade Estadual do Maranhão (LabMet - UEMA), a temperatura média de São Luís aumentou 2,4° em relação à mesma temporada do ano de 2007 e a conseqüente diminuição da umidade relativa do ar, veja abaixo alguns trechos da entrevista:

De acordo com o Núcleo de Meteorologia, o índice de precipitação de chuvas em outubro, que foi de 0,4 milímetros até ontem, ainda se mantém abaixo da média histórica, que é de 10,7 milímetros para este mês. “Há um indicativo de que a quantidade de chuvas em outubro ficará abaixo do índice histórico”, avaliou o meteorologista Márcio Eloi. Ele explicou que o baixo índice pluviométrico é a principal causa da redução da umidade relativa do ar. “A média da umidade relativa do ar em São Luís é de 81%, mas neste mês está em 54%. Apesar de estar abaixo da média anual, a umidade relativa do ar deste mês ainda está longe de alcançar os 30%, índice considerado crítico pela Organização Mundial de Saúde”, afirmou Eloi. (O Estado do Maranhão, 2008)

E quando perguntado quais as causas de tal alteração, responde:

O meteorologista aponta o crescimento urbano como o principal causador da elevação da temperatura na cidade. “Com base nos registros, percebemos que em São Luís a temperatura está aumentando. Em dezembro de 2006, foi registrado o número recorde de 38°C. No ano passado e neste, as altas temperaturas continuam sendo registradas. Isso acontece devido ao crescimento urbano e à destruição da vegetação”, afirmou. (O Estado do Maranhão, 2008)

### 5.3 PROBLEMAS AMBIENTAIS URBANOS

O ecossistema urbano é definido como o conjunto de necessidades biológicas, essenciais à sobrevivência da população, junto a requisitos culturais, necessários ao funcionamento e crescimento da cidade (MOTA, 1999).

De certo podemos afirmar que é o caráter centralizador, pelas relações do modo de produção capitalista e pela incapacidade de absorção pelo sistema urbano destes resíduos, que surgem uma série de alterações e impactos no meio ambiente urbano.

São Luís, por exemplo, é uma cidade que vive plena expansão econômica e urbana, prestes a gozar do título de metrópole, vive também os impactos derivados desses tipos de expansão: poluição pela queima de combustíveis fósseis, desordenado uso e ocupação do solo urbano, alterações climáticas das mais variadas, adensamento populacional e etc.

De acordo com a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Nº 001/86, art. 1º, o termo "impacto ambiental" é definido como toda alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam a saúde, o bem estar da população e a qualidade do meio ambiente.

Os impactos ambientais mais comuns aos grandes centros urbanos são conseqüências diretas, ou indiretas, dos seguintes fenômenos: a ilha de calor urbana, a alteração dos processos hídricos, e a poluição através da emissão de gases.

#### 5.3.1 Ilha de Calor Urbana

Define-se ilha de calor como uma determinada área onde devido à intensa ocupação/ pavimentação do solo, redução do nível de evapotranspiração, e às propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais pavimentados, ou seja, pela presença de edificações e demais alterações da paisagem apresentam altos índices de temperatura (Lombardo, 1985), atuando como uma espécie de efeito estufa localizado.

O fenômeno de ilha de calor promove uma situação onde o calor excessivo e a pouca umidade ficam confinados aos Cânions Urbanos, áreas da cidade onde a ocorrência de convecção livre é conseqüência do intenso aquecimento superficial, da menor ventilação, da rugosidade aerodinâmica da superfície quase impermeável e da topografia urbana (KRUGER, 2008), ou seja, corredores formados pelos traçados das ruas e avenidas tendo como limite a “parede” de prédios (ou outros tipos de construções), ou também mantidos pelas coberturas onde ocorrem a absorção e reflexão da radiação solar. Nas cidades de latitudes subtropicais e tropicais, devido à alta intensidade da radiação solar incidente, as ilhas de calor urbanas ocorrem durante o dia, agravando a sensação de desconforto devido à elevação da temperatura e à redução da umidade relativa do ar.

Atribui-se também ao fenômeno da ilha de calor a inversão/alteração dos períodos climáticos. No verão, que na região nordeste conhecemos por estiagem, onde deveríamos notar uma diminuição na freqüência e intensidade das chuvas, o que realmente vem acontecendo é certamente uma diminuição na freqüência, mas em compensação, tem-se visto um gradativo aumento na intensidade e duração das precipitações, o que, por conseqüência, gera pontos de alagamentos e enchentes muito rapidamente.

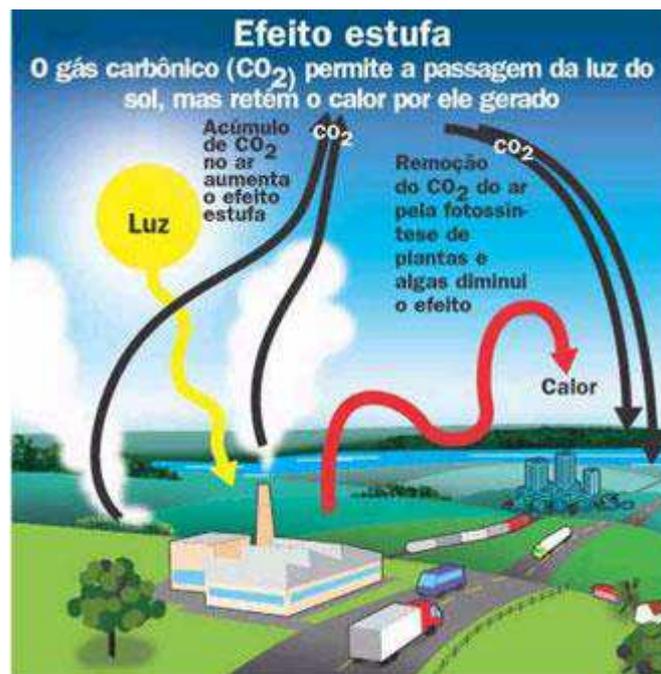


Figura 2. Ilustração do Ciclo do Efeito Estufa.  
Fonte: Google Imagens, 2009.

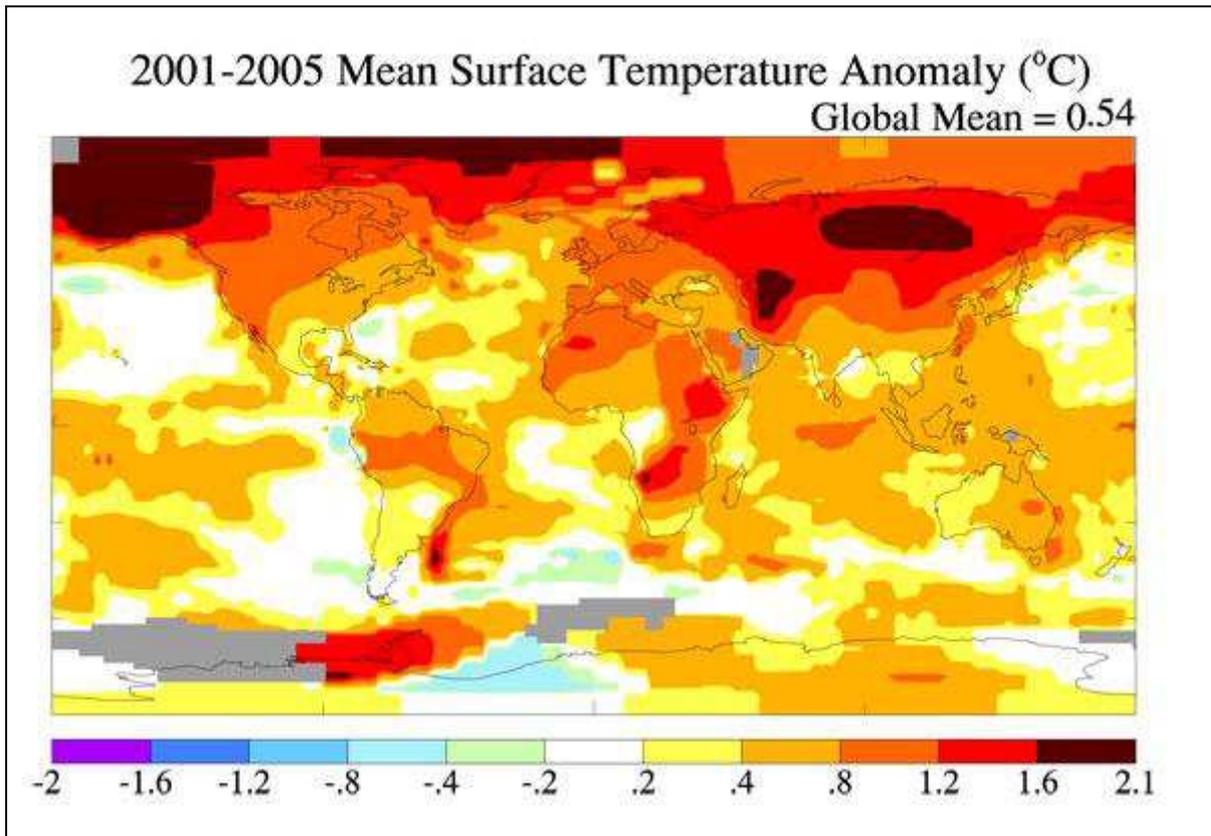


Figura 3. Aumento da Temperatura Global.  
Fonte: Google Imagens, 2009.

### 5.3.2 Alteração dos Processos Hídricos

Várias cidades tiveram sua localização e desenvolvimento determinados pela proximidade de fontes naturais de água (rios, lagos, mares, etc.), principalmente devido à necessidade fisiológica ao homem inerente, mas também pela manutenção de suas criações e cultivos, atitude que fixou definitivamente o homem a terra. Observa-se esse comportamento desde as antigas civilizações do vale dos rios Tigre e Eufrates até dias de hoje, onde municípios deixam de existir em razão da dificuldade de acesso a tal tesouro. Nota-se então, a extrema importância que a água e seus processos naturais têm na formação e equilíbrio social, seja ela na forma mais primitiva, apenas com atividades de subsistência, ou nos grandes complexos urbanos, onde uma gama de atividades é atendida.

Contudo, a co-relação existente entre os grandes centros urbanos e os processos hidrológicos naturais (Precipitações Pluviais, Evapotranspiração, Lençóis

Freáticos, etc.) anda perto de seu colapso, e uma das principais causas para tal é a urbanização acelerada, e desordenada, pela qual passam.

O uso indiscriminado do solo urbano tem trazido às cidades enormes problemas através dos seus impactos ambientais negativos. O aumento da pavimentação/ impermeabilização e a irresponsabilidade de construtores, (sejam eles de grande, médio ou pequeno porte) que avançam sobre áreas de preservação protegidas por leis ambientais ou urbanísticas, levam a perda da capacidade do solo de absorver e filtrar as águas pluviais diretas e as provenientes de runoff. *Runoff* é o processo de movimentação dos cursos d'água pluviais desviados pelas coberturas das edificações, sarjetas, vias, etc. Ao *runoff* é atribuído status de vetor de doenças, pelo fato de a água, ao invés de ser rapidamente absorvida pelo solo, percorrem sarjetas e coberturas, lugares onde resíduos de atividades humanas e dos animais ficam estocados. O gradual aumento do *runoff* tem relação direta com a expansão urbana, e conseqüentemente às intervenções necessárias para adequação das novas áreas de expansão, que vai capeando todo o solo natural, deixando a cidade cada vez mais impermeável, e o resultado são os crescentes números casos de enchentes e alagamentos.

Com a diminuição da infiltração da água, diminuto também se torna o período de evapotranspiração, que é o maior responsável pela manutenção da temperatura superficial das grandes cidades, ou seja, mais rápido a água pluvial evapora, aumentando a sensação de calor e umidade, e a exposição à radiação solar, e mais devagar se condensa, formando chuvas mais intensas que formarão novos pontos de enchentes.



Figura 4. Foto da enchente em Teresina, Piauí.  
Fonte: Google Imagens.



Figura 5. Alagamento na cidade de Teresina, Piauí.  
Fonte: Google Imagens.

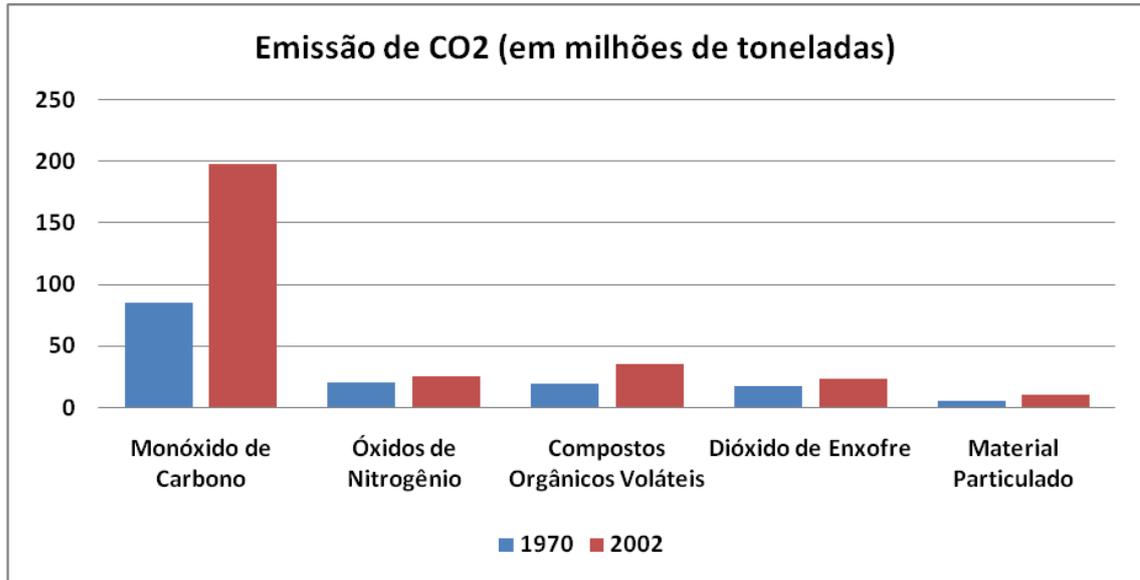
### 5.3.3 Poluição Atmosférica: Emissão de CO<sup>2</sup>

Outro problema ambiental que tem gerado grande preocupação mundial é a emissão de gases poluentes na atmosfera terrestre, responsável direto pelo aumento da temperatura média global, causadora do derretimento das calotas polares e dos fenômenos de intensificação das estações de inverno e verão, mais conhecido por “aquecimento global”. Mais uma vez o descontrolado crescimento urbano das grandes cidades aparece como sendo o principal vetor do aquecimento.

Países desenvolvidos (EUA, Europa, Japão, Rússia, etc.) e emergentes (Brasil, Argentina, China, etc.) diariamente jogam na atmosfera toneladas de gases poluentes como os resultantes da queima de combustíveis fósseis (tendo como principal o CO<sup>2</sup>), o gás neon (Ne), compostos nitrogenados (NO<sub>x</sub>), compostos de Cloro-Fluor-Carbono (CFC) e gás metano (CH<sub>4</sub>). Os EUA são os maiores responsáveis pela poluição atmosférica, utilizando 1/4 do petróleo do planeta (média de 11 litros dia/pessoa), produzindo 24% de todo o gás poluente.

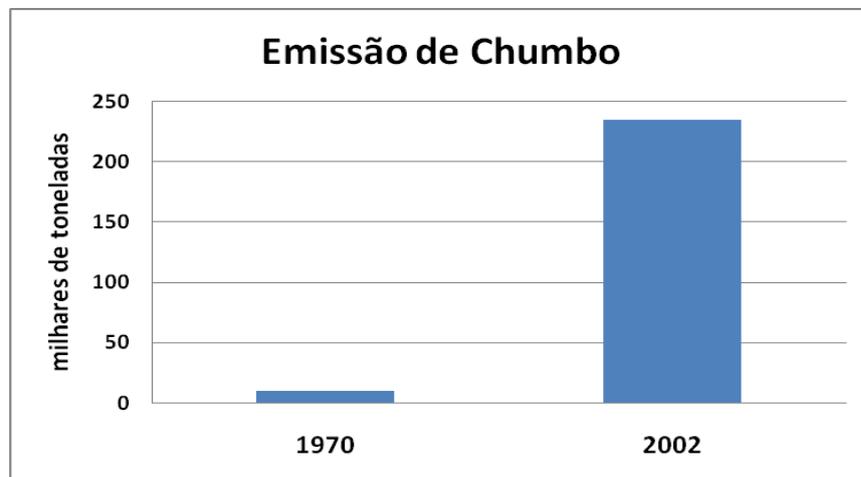
Como resultado disso, dá-se o aumento do efeito estufa global, e por vezes formando pequenos e localizados efeitos estufa – as ilhas de calor urbanas – alterando os tradicionais aspectos climáticos de uma região. O efeito estufa tem a função de controlar, ou melhor, conservar a temperatura do planeta para mantê-lo provedor de vida.

**Tabela 3– Emissão de Gases Tóxicos no Planeta - 1970/2002.**



Fonte: National air quality and emissions trends report 2003. U. S. Environmental Protection Agency. Disponível em: <[www.epa.gov/airtrends/index.html](http://www.epa.gov/airtrends/index.html)>. Acesso em: 17 mar. 2009.

**Tabela 4– Emissão de Chumbo - 1970/2002.**



Fonte: National air quality and emissions trends report 2003. U. S. Environmental Protection Agency. Disponível em: <[www.epa.gov/airtrends/index.html](http://www.epa.gov/airtrends/index.html)>. Acesso em: 17 mar. 2009.

É importante lembrar que não somente os EUA, mas todos têm parcela de contribuição negativa ao ambiente, e que, o fato de nossos índices de poluição serem baixos nada tem a ver com a minimização dos impactos. Somos integrados ao planeta e sentimos igualmente seus problemas.

Medidas sustentáveis já vêm sendo adotadas com a intenção de reverter esse quadro, a criação dos Créditos de Carbono, a conversão dos gases emitidos pelos lixões em energia elétrica limpa, e a recuperação das áreas verdes das cidades, que ajudam absorver grande parte dos poluentes atmosféricos, como o caso do Telhado Verde.

## 5.4 A TÉCNICA DO TELHADO VERDE

### 5.4.1 Breve Histórico

Estudos mostrados pelos pesquisadores *Nigel Dunnet* e *Noël Kingsbury* em 2004, relacionam a origem do telhado verde às práticas construtivas das antigas civilizações dos vales dos rios Tigre e Eufrates, não atribuindo a eles a descoberta dessa técnica, mas sim, a mais antiga e famosa, mesmo que nunca comprovada sua real existência, construção de uma edificação com plantas na sua cobertura, os Jardins Suspensos da Babilônia datados de aproximadamente 600 anos antes de Cristo, durante o reinado de Nabucodonosor.



Figura 6. Jardins Suspensos da Babilônia.

Fonte: Klik Educação. Disponível em: < [www.klickeducacao.com.br](http://www.klickeducacao.com.br)>. Acesso em: 15 abril 2009.

Outros estudos também relatam o uso do telhado verde, e outros tipos de cobertura vegetal nas edificações, na região da Escandinávia e Kurdistan (hoje

correspondente as áreas da Turquia, Iraque, Irã e países vizinhos). Tendo como materiais de construção tradicionais regionais lama e terra, e após a implantação dos mesmos em edificações, foi notado o aparecimento de brotos de gramas nos telhados e paredes. Na Escandinávia, a combinação de casca de mogno, que funcionava como membrana selante, uma camada de gravetos, atuando como dreno, solo e grama, ajudavam a manter o calor no interior das edificações nos invernos rigorosos e a refrescar no verão.



Figura 7. Exemplos de Casas Vikings.  
Fonte: Google Imagens. Acesso em: 20 jun 2009.

Houve uma longa fase onde a técnica do telhado verde foi caindo em desuso, e grande parte desse desinteresse provém dos grandes avanços tecnológicos que permitiram aos construtores alcançar os mesmos resultados dispendendo de menores recursos financeiros, ou até mesmo por não se encaixar a padrões estéticos adotados ao longo das épocas.

Responsável pelo resgate do telhado verde, e por sua vinda ao Brasil, o Modernismo, caracterizado por um enfoque social e estético que tinha como objetivo principal a renovação do ambiente de vida do homem contemporâneo, definiu sua base em cinco pilares, dentre os quais o uso do Terraço Jardim (variação nominativa do telhado verde) serviria para dar função ativa, no relacionamento da edificação com os usuários, à cobertura. Ainda não era notada nenhuma preocupação com a sustentabilidade, a questão era meramente funcional, pois no modernismo tudo deveria existir segundo uma função e nenhum espaço deveria ser inutilizado ou esquecido.

Mesmo sem a preocupação ambiental, não demorou muito para que se percebessem os benefícios à edificação com a adoção do telhado verde. Por volta dos anos 70, arquitetos e designers alemães eram encorajados a usá-lo em seus

projetos, impulsionados por uma diversidade de publicações e pesquisas que comprovavam seus benefícios, sendo de grande destaque o livro do arquiteto e paisagista *Hans Luz* “Telhado Verde – Luxo ou Necessidade?”.

No Brasil, ainda com toda a propaganda feita pelos projetos modernistas de grandes nomes da arquitetura e do paisagismo nacional como Niemeyer, Lúcio Costa, Burle Marx, entre outros, o telhado verde tornou-se artigo de luxo, tendo por principal público-alvo a classe alta ou grandes instituições, tornando ainda mais difícil a popularização dos benefícios ambientais que esta técnica pode trazer ao meio urbano.

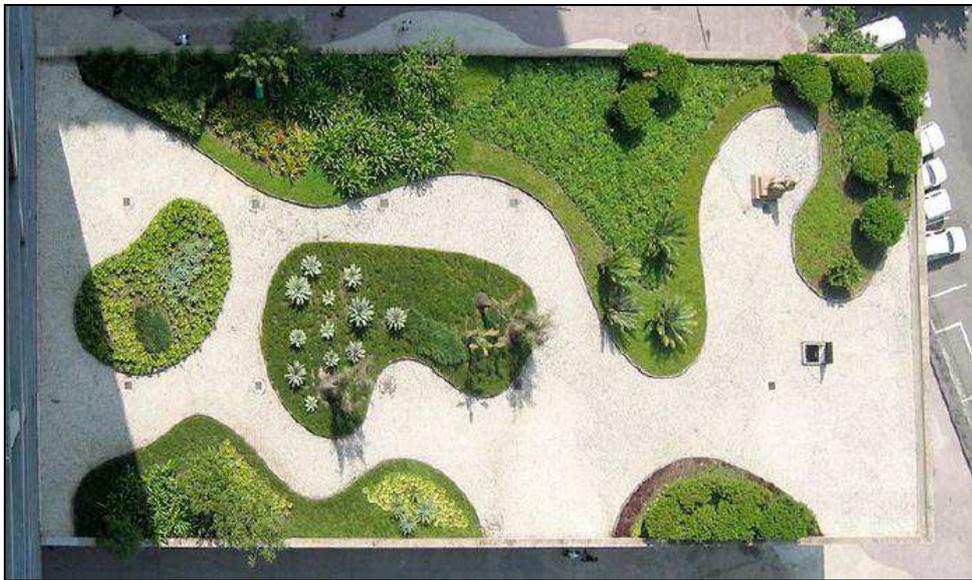


Figura 8. Terraço-Jardim projetado por Burle Marx, Ed. Gustavo Capanema. (Antiga sede do Ministério da Educação e da Saúde).

Fonte: Acervo Particular.ALMEIDA, M.L. Rio de Janeiro, 2003.

Somente agora, e devido às grandes catástrofes de escala global e regional comprovadamente provocada por anos de ação predatória do homem, a questão da sustentabilidade vem sendo abordada e incorporada ao comportamento contemporâneo. Mas como algo recente, ainda pouco aprendemos, estamos a dar os primeiros passos.

Fazer a coleta seletiva, evitar a produção desnecessária de CO<sup>2</sup>, práticas de reuso e reciclagem de objetos, e até procurar buscar no mercado produtos que já incorpora em seus projetos o pensamento do ecologicamente correto. Essas e outras iniciativas são comumente adotadas em nosso dia-a-dia, resultado de da pulverização das propagandas “pró-verde”, sejam elas em forma de documentários nos alertando sobre as atuais condições ambientais, pesquisas divulgadas em

revistas especializadas (ou não), ou mesmo uma determinada marca nos ensinando boas práticas para salvar o planeta. A bem da verdade, a essa onda tomou proporções tão grandes que já foi adotada como moeda no mercado internacional, trata-se do Crédito de Carbono, e até moldou tratados internacionais, O Protocolo de Kyoto.

Mas ainda há um vasto campo, dentro das medidas que podem ser tomadas a fim de reequilibrar o meio ambiente, a ser desbravado pelos estudiosos e pesquisadores. Nos últimos anos, no Brasil, muitas pesquisas tem se direcionado para estudar os reais impactos da urbanização nas grandes cidades e apontar possíveis mecanismos/ferramentas que pudessem reverter o quadro de caos ambiental vividos pelas suas populações. Dentre as várias pesquisas, a que mais se tem destacado é o uso do Telhado Verde como forma de devolver a cidade suas áreas verdes tentando resgatar certa permeabilidade, qualidade do ar, proteção à radiação solar, constância pluvial e de temperatura.

## 5.5 DETALHAMENTO TÉCNICO: As camadas do Telhado Verde

### 5.5.1 Tipos de Cobertura Vegetal

O Telhado Verde existe sob três tipos principais, sendo eles: a Cobertura Intensiva (CVI), a Cobertura Vegetal Extensiva (CVE), e a Cobertura Vegetal Semi-Intensiva (CVS).

- a) **Cobertura Vegetal Intensiva** – Tem como característica principal o uso de vegetação de grande porte, seja arbustiva ou arbórea, com raízes de maior volume de penetração e por consequência disso tem altura de substrato estimada em, no mínimo, 15 centímetros, já todo o conjunto varia entre 30 centímetros e 1,0 metros. Usada principalmente quando há uma região voltada para passeio de usuários, chamados de terraços-jardim.



Figura 9. Exemplos de Cobertura Intensiva, a Prefeitura Municipal de São Paulo (à esquerda) e o Trump Tower Center (direita).  
 onte: Gaber Palmer/ Tuca Vieira/ÉPOCA, 2008.

- b) **Cobertura Vegetal Extensiva** – É caracterizada pelo uso de vegetação rasteira, em sua maioria gramíneas. Reserva-se não apenas a função de garantir a edificação proteção contra as intempéries da natureza, também atua com destaque na manutenção da temperatura ambiente e no remanejamento das águas pluviais. Tem altura de substrato de aproximadamente 5 centímetros, e todo o conjunto entre 7 e 15 centímetros. É a modalidade mais comum, pois tem seu custo de implantação inferior as outras e requer menos cuidados de manutenção.

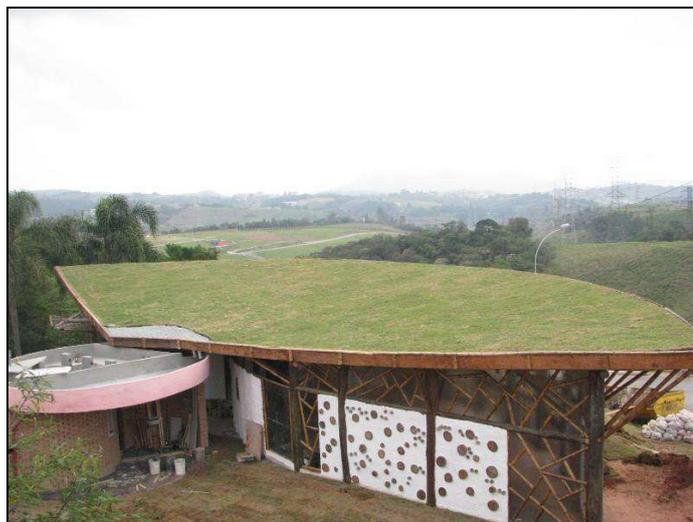


Figura 10. Exemplo de Cobertura Extensiva - Centro Educacional para Sustentabilidade (CES), da Fundação Alphaville, Santana do Parnaíba, SP.  
 Fonte: oguiaverde.com, 2008.



Figura 11. Exemplo de Cobertura Extensiva – Modern OUTrial House. Ksiazynice, Poland.  
Fonte: Mike Chino/ Inhabitat.com, 2009.

c) **Cobertura Vegetal Semi-Intensiva** – Nada mais é que um meio termo entre as outras duas modalidades já comentadas. Possui altura semelhante ao modo intensivo e funções similares ao modo extensivo, o que o diferencia dos outros é o cuidado estético, a ornamentação. Mas deve-se lembrar que quanto maior for a variedade de plantas usadas na cobertura, maiores serão os custos de manutenção de todo o sistema.



Figura 12. Exemplos de Cobertura Semi-Intensiva  
Fonte: Google Imagens, 2009.

**Tabela 5- Comparação entre os sistemas Intensivos e Extensivos de coberturas ajardinadas.**

	<b>Sistema Extensivo</b>	<b>Sistema Intensivo</b>
<b>DESCRIÇÃO</b>	Fina camada de solo; Pouca ou nenhuma manutenção; Plantas resistentes.	Profunda camada de solo; Sistema de irrigação; Rigorosa manutenção;
<b>VANTAGENS</b>	Baixo peso; Apropriado para grandes áreas; Conveniente para inclinação de 0 a 30°; Não requer sistemas de irrigação; Relativamente requer pouca perícia técnica; Adequado para restauração, ou “retrofit” Permite desenvolvimento espontâneo da vegetação; Custo relativamente baixo; Aparência mais natural; Mais fácil para obter aprovação de projeto	Maior diversidade de plantas; Boas propriedades de isolamento; Pode simular um jardim ao chão para animais; Pode ser muito atrativo; Visualmente acessível com maior frequência; Diversas utilizações da cobertura (recreação, produção de alimentos, áreas livres).
<b>DESvantagens</b>	Escolha mais limitada de plantas; Pouco acessível para recreação e outros usos; Não atrativo em algumas situações, principalmente no inverno.	Maior carga estrutural na cobertura; Necessita de drenagem e irrigação; Requer mais energia e água; Exige sistemas mais complexos e mais perícia técnica.

Fonte: International Greenroof Association - IGRA. Disponível em: < [www.igra-world.com](http://www.igra-world.com)>. Acesso em: 23 jun 2009.

### 5.5.2 Materiais e Elementos do Telhado Verde

Tendo o Telhado Verde como objeto de estudo, e mais especificamente sua aplicação a aglomeração urbana de São Luís - MA, é conveniente, e extremamente necessário para melhor entendimento das suas funções, mostrar a diversidade de tipos e abordagens, detalhar cada componente dessa técnica, obedecendo à ordem de construção.



Figura 13. Exemplo de Telhado Verde Extensivo, com todas as camadas.  
Fonte: [www.elétrica.info](http://www.elétrica.info), 2009.



Figura 14. Exemplo de Telhado Verde Extensivo com as camadas básicas.  
Fonte: [4.bp.blogspot.com](http://4.bp.blogspot.com), 2009.

### 5.5.2.1 Estrutura

Quanto à estrutura, o telhado verde pode ser classificado pelo material utilizado na sua construção (madeira, concreto, metálica, ou um misto dessas) e pela porcentagem de inclinação da cobertura.

Não existe um telhado verde totalmente plano, deve-se conservar uma taxa de inclinação para evitar o acúmulo e estagnação da água absorvida pelo substrato, e para ajudar na condução da água quando voltada para o seu reuso. Em todos os casos, qualquer que seja o material escolhido, é preciso criar uma espécie de anteparo que possa agüentar a carga exercida pelos demais elementos do telhado. Um bom exemplo desse anteparo é a laje de concreto.



Figura 15. Construção de Telhado Verde em estrutura de Madeira – 1ª Etapa.  
Fonte: PlanetaSustentávelAbril.com, 2009.



Figura 16. Construção de Telhado Verde em estrutura de Madeira – 2ª e 3ª Etapas.  
Fonte: PlanetaSustentávelAbril.com, 2009.



Figura 17. Construção de Telhado Verde em estrutura de Madeira: plantio da Vegetação.  
Fonte: PlanetaSustentávelAbril.com, 2009.

#### 5.5.2.2 Cobertura de Fibrocimento

Especificamente nessa proposta de adequação à técnica do Telhado Verde, usaremos telhado de fibrocimento como suporte do substrato e plantas. As principais propriedades que muito contribuíram para sua escolha são:

- a) *Resistência à flexão*: além de atender à Norma NBR 15210, suporta muito bem a carga que nela será colocada;
- b) *Baixo peso*: cada unidade do tipo 8mm de classe C8 pesa 24 kg/m<sup>2</sup>, desse modo não causando danos a estrutura de vigamento;
- c) *Resistência biológica*: não proliferam fungos ou bactérias devido a sua matriz alcalina;
- d) *solamento acústico*: bom comportamento acústico com grande atenuação do ruído de chuvas;
- e) *Resistência ao calor*: ciclos alternados de aquecimento de até 100oC e resfriamento à temperatura ambiente não danificam o material.
- f) *Resistência a agentes químicos*: elevada resistência a agentes químicos neutros ou alcalinos.
- g) *Resistência à corrosão*: imune a processos de corrosão e oxidação;

O tipo escolhido foi a fibrocimento ondulada 08 mm de classe C8. Resiste a 4250 N/m, que equivale a 433,37 kg f/m, e pode ser usado com inclinação mínima de 8,7%, o que garante a fixação do substrato.

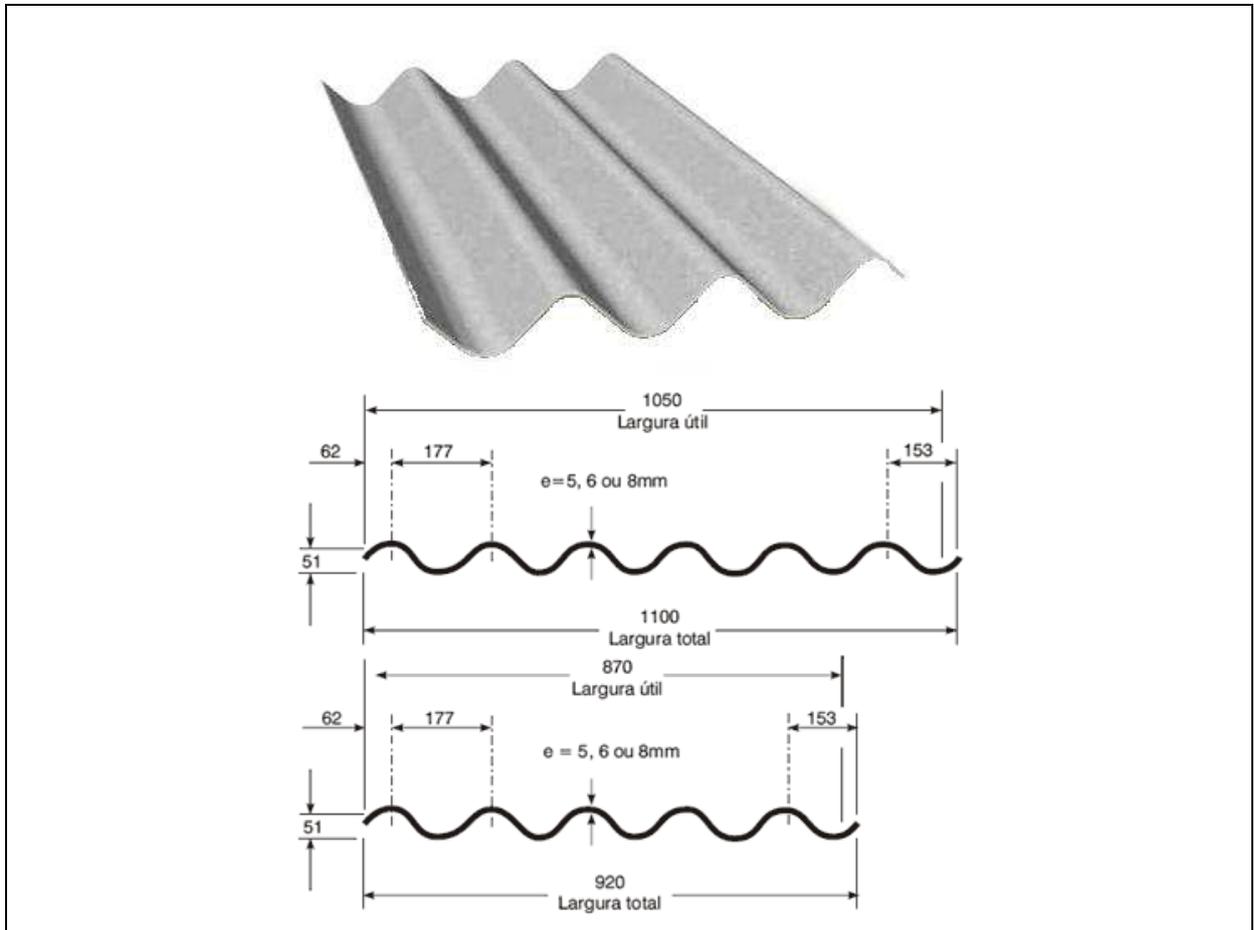


Figura 18. Exemplo de telha fibrocimento ondulada 8mm e dimensões.  
Fonte: PlanetaSustentávelAbril.com, 2009.

### 5.5.2.3 Impermeabilização

Impermeabilização, segundo a NBR 9575 (2003), é “proteger as construções contra a passagem de fluídos. Esses fluídos podem ser umidade provinda do solo, da atmosfera ou da própria construção...”. Verçoza (1987) em seus textos afirma, “As edificações quando sujeitas a ação da água em locais onde não existe impermeabilização ou quando os serviços de impermeabilização não foram adequados, apresentam uma grande probabilidade de manifestar problemas que podem comprometer a durabilidade das edificações, diminuindo assim sua vida útil,

podendo até em longo prazo provocar seu colapso”, ou seja, de grande importância é impermeabilizar corretamente a construção.

A correta impermeabilização é consequência de escolhas bem fundamentadas em pesquisas feitas previamente, principalmente no tocante a região (condições naturais do lugar da implantação do projeto) e o método construtivo adotado. Cada projeto reserva sua especificidade, logo, do mesmo modo, devemos nos resguardar do erro procurando conhecer profundamente o projeto em cada elemento, suas aplicações e comportamentos após implantação.

Quanto ao material, os impermeabilizantes podem ser classificados como: à base de materiais asfálticos ou de polímeros sintéticos. Quanto à flexibilidade, podem ser rígidos (argamassas e concretos) ou flexíveis (mantas e membranas). Quanto ao método de execução, como: pré-fabricados, com espessuras definidas e controladas pelo processo industrial, ou moldados in loco, aplicados a quente ou a frio.



Figura 19. Exemplos de Impermeabilizações a quente (esquerda) e a frio (direita).  
Fonte: Google Imagens, 2009.

No caso da aplicação sob coberturas vegetais, é preciso destacar quais as principais funções exigidas do material impermeabilizante:

- a) Absorver os esforços mecânicos provenientes da evolução da raiz das plantas, podendo ser adicionadas substâncias herbicidas que inibem o desenvolvimento das raízes;
- b) Apresentar ótima elasticidade e flexibilidade, se ajustando a qualquer tipo de base de aplicação;
- c) Resistência a variações extremas de temperatura;

- d) Ser leve, não exercendo muito peso sobre a estrutura;
- e) Resistência as ações dos raios UV, Umidade, a névoa salina, ao ressecamento e a oxidação.

Desse modo o tipo de impermeabilizante escolhido é a Membrana Acrílica Flexível, pois atende a todos os pré-requisitos e com uma característica a mais: não apresenta emendas, fator muito importante, pois são nas emendas que mais acontecem as infiltrações.

#### 5.5.2.4 Camada Drenante

A camada drenante do Telhado Verde antigamente era formada por gravetos, cascas de frutos e pedras porosas, porém, hoje em dia, esses métodos rústicos que além de não garantir proteção acrescentavam maior peso as estruturas foram substituídos pelas Mantas Geotêxteis.

O Geotêxtil é um produto sintético, em sua maioria tem como matéria-prima o propileno e o poliéster, e em menor escala, os obtidos através do nylon e do polietileno. Podem ser encontrados sob forma de *tecidos*, que possuem melhor resistência a tração, e de *não-tecidos*, comprimidos mecanicamente (sem calor), por terem mais volume, drenam melhor.

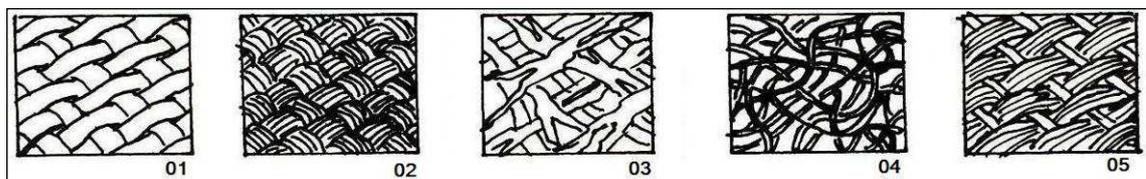


Figura 20. Exemplos de Geotêxteis: 01 – Tecido com fitas; 02 – Tecido com fitas e filamentos; 03 – Não-tecido comprimidos e aquecidos; 04 – Não-tecido com fios entrelaçados; 05 – Tecido de filamento com monofilamento.

Fonte: Google Imagens, 2009.



Figura 21. Aplicação de Geotêxtil em Telhado Verde e foto ilustrativa do tecido Geotêxtil.  
Fonte: Praobra.com.br, 2009.

O desempenho dos geotêxteis, para aplicação em coberturas vegetais, procura assegurar as seguintes funções:

- a) Proteção e reforço, que consiste na prevenção ou limitação de danos locais de um dado elemento ou material e na melhoria das propriedades mecânicas do solo ou de outros materiais de construção;
- b) Separação, ou seja, a prevenção da mistura de solos com outros materiais;
- d) Filtração, isto é, a retenção do solo ou de outras partículas sujeitas a forças hidrodinâmicas permitindo a passagem de líquidos através do geotêxtil;
- e) Drenagem, a qual envolve a recolha e o transporte das águas pluviais, subterrâneas e/ou outros líquidos.

#### 5.5.2.5 Camada de Substrato

Substrato é classificado como o meio, orgânico ou sintético, onde as raízes das plantas se desenvolvem fora do solo *in situ*, e têm por principal função, dar suporte as plantas nele cultivadas. É também no substrato que se regula as quantidades de nutrientes, dos quais a planta irá precisar. O elemento mais utilizado para compor substratos, em países como EUA, Canadá e na maioria dos países da

Europa, é a turfa, conhecida por ser ótimo reservatório de carbono na forma orgânica.

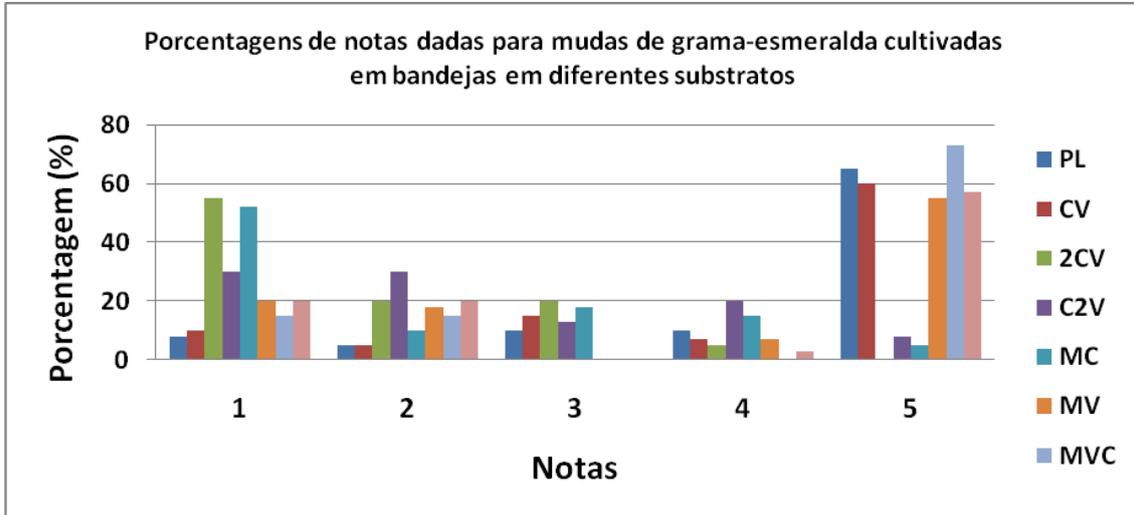
Um substrato é formado de três fases: a *fase sólida*, que garante a manutenção mecânica do sistema radicular e sua estabilidade; a *fase líquida*, que garante o suprimento de água e nutrientes, e a *fase gasosa*, que garante a troca de oxigênio e gás carbônico entre as raízes e a atmosfera (Lemaire, 1995).

Um substrato, para ser considerado ideal deve apresentar características como (EMBRAPA, 2006):

- I. Elevada capacidade de retenção de água, tornando-a facilmente disponível;
- II. Distribuição das partículas de tal modo que, ao mesmo tempo em que retenham água, mantenham a aeração para que as raízes não sejam submetidas a baixos níveis de oxigênio, o que compromete o desenvolvimento da planta;
- III. Decomposição lenta;
- IV. Que seja de fácil acesso para a compra;
- V. De baixo custo.

Após estudos realizados com oito tipos diferentes de composições para formação de substratos voltados para o cultivo de gramas do tipo Esmeralda (*Zoysia Japonica*) para grandes áreas, observou-se que “os substratos PL e CV apresentaram-se mais adequados ao cultivo de grama-esmeralda em bandeja, sendo superiores em características fitotécnicas, como peso da matéria fresca da parte aérea, peso da matéria fresca do sistema radicular, peso da matéria seca da parte aérea, peso da matéria seca do sistema radicular e volume do sistema radicular, e características de qualidade comercial das plantas produzidas, como porcentagem de bandejas em ponto de comercialização e facilidade de plantio das mudas produzidas (SALVADOR e MINAMI, 2002).

**Tabela 6– Avaliação do Desempenho de mudas de gramas-esmeraldas cultivadas em bandejas.**



Fonte: SALVADOR e MINAMI, 2002. PL – Plantago; CV – casca de arroz carbonizada: vermiculita (1:1); 2CV – casca de arroz carbonizada: vermiculita (2:1); C2V – casca de arroz carbonizada: vermiculita (1:2); MC - composto orgânico: casca de arroz carbonizada (1:1); MV – composto orgânico: vermiculita (1:1); MVC – composto orgânico: casca de arroz carbonizada: vermiculita (1:1: 1); TE – Testemunha.

#### 5.5.2.6 Camada de Plantio

Levando em consideração que o cultivo será realizado sobre a cobertura de uma edificação residencial térrea, todos os impactos diretos e indiretos causados pelos processos do microclima ao qual está inserido, que os residentes não possuem mecanismos e condições para desempenhar manutenção em curtos espaços de tempo, foi escolhida então como melhor alternativa o cultivo da família de plantas *Gramineae* (Gramíneas), mais especificamente do tipo Esmeralda (*Zoysia Japonica*). As características que fazem a grama do tipo Esmeralda se destacar em relação às demais, dentro do conjunto de condições impostas, são:

- I. Grande disponibilidade comercial;
- II. Facilidade de plantio;
- III. Ótima estética (ornamentação);
- IV. Baixa manutenção;

- V. Forma um perfeito tapete de grama com os estolões e folhas bem entrelaçados;
- VI. Índice de infestação de plantas daninha relativamente baixo;
- VII. Resistência ao pisoteio e a exposição à radiação solar.

As gramas têm uma estrutura muito simples. Na sua base, as raízes crescem na direção da terra. Em geral, as raízes são fibrosas ou em espiral. Elas se estendem pelo solo recolhendo nutrientes, absorvendo água e prendendo a planta no solo (HARRIS, 2009).

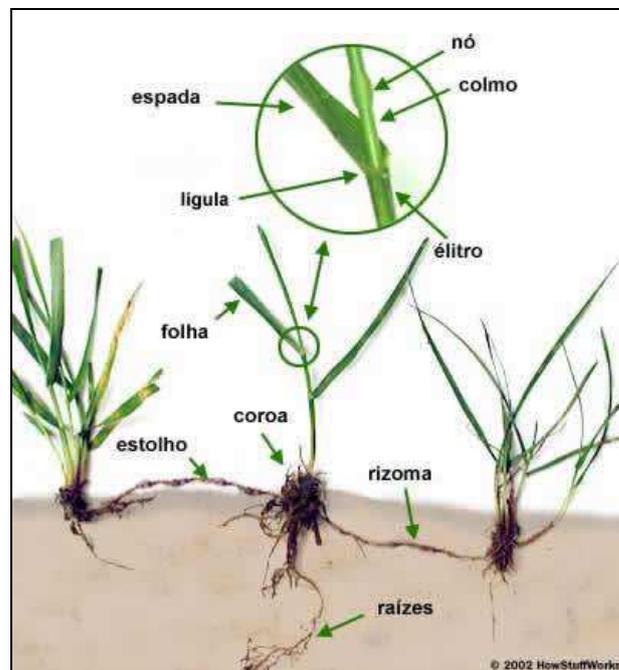


Figura 22. Estrutura vegetal das gramas.  
Fonte: HowStuffWorks, 2009.

O plantio de gramíneas requer certos cuidados essenciais. São três os elementos que garantem a qualidade do gramado: a água, a poda e a adubação. No plantio e manutenção deve-se evitar o encharcamento do gramado, a periodicidade de irrigação varia de acordo com o clima da região, mas, em média, deve ser feita em intervalos de 15 dias ao longo do verão, e 60 dias no inverno. A função da poda é forçar o fortalecimento da grama, recomenda-se o corte quando a grama alcança de 3cm a 7cm. Já a adubação garante a reserva de nutrientes necessários à manutenção da resistência e aparência da grama, é comumente usado, além do material orgânico, nitrogênio, fósforo e potássio (uma combinação chamada NPK).

## 6 PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO ARQUITETÔNICA

### 6.1 ASPECTOS GERAIS DA ADEQUAÇÃO



Figura 23. Localização da Residência escolhida para Adequação à Técnica do Telhado Verde.

Fonte: Google Earth, 2009.

A residência escolhida como exemplo, na qual será feita uma proposta de adequação arquitetônica à técnica do Telhado Verde, localiza-se no bairro Cohab-Anil 03, mais especificamente, na Praça Conselheiro Furtado (conhecida também por Praça 09), número 01. O terreno possui 10 metros de largura por 20 metros de comprimento, desse modo com área de 200 metros quadrados, distribuídos em quatro quartos, uma sala de estar, uma copa, uma cozinha e um banheiro, além de terraço e quintal. Tem sua fachada voltada para o Leste, e conseqüente fundo para o Oeste, o que caracteriza uma ótima localização, pois tem o nascer do sol a sua frente e aproveita ao máximo da insolação da manhã. Quanto ao sol da tarde, a residência também fica sob grande exposição, já que não existem barreiras à

insolação, não há árvores de grande porte e nem edificações de dois ou mais pavimentos no seu entorno que protejam a mesma. A ventilação é predominante nordeste, tendo como referência o norte geográfico, e também forte e intensa. O terreno encontra-se a uma altura média de 30 cm acima do nível da rua, o que justifica a existência da rampa que dá acesso ao terraço/ garagem, possui ainda leve declive sentido oeste-leste, ou seja, dos fundos em direção à fachada. Quase não existem áreas livres no lote, não fosse uma pequena área onde se plantou uma árvore de médio porte (pé de acerola), que representa 0,52% da área total do lote.

A residência é fruto de uma terceira etapa de um plano habitacional promovido e gerenciado pela extinta COHAB (Cooperativa Habitacional Brasileira), que dá nome ao bairro, entregue em 1970. Na época as casas originais, chamadas módulos habitacionais, tinham apenas cinco cômodos, eram: 01 sala, 01 banheiro, 01 cozinha e 02 quartos. O padrão da planta-tipo foi concebido nos mesmos moldes dos atuais apartamentos populares do PAR (Programa de Arrendamento Residencial) ou do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), sob os mesmos objetivos e voltados para o mesmo público-alvo, recém formadas famílias da classe média.

As casas foram construídas usando os seguintes elementos arquitetônicos, e respectivos materiais:

- a) Fundação: Laje tipo radier, de concreto;
- b) Elemento de Vedação: Alvenaria (tijolos de 06 furos), assentada sobre argamassa de barro. Não haviam muros delimitando a área do lote;
- c) Elementos de Acabamentos: No piso foi usado o concreto raspado, exceto pelo banheiro, onde foi assentada cerâmica. Nas paredes, o reboco foi feito com argamassa de barro, recebendo por cima uma camada de pintura.
- d) Cobertura: Telha de fibrocimento, ainda com amianto, amparada por terças de madeira, e estas por sua vez, sobre empenas de alvenaria, confeccionadas através do prolongamento da parede. Mantinham a inclinação de 10%, com duas águas de tamanhos iguais.
- e) Pé-Direito: projetado com 2,60 de altura.

Logicamente, após quase quarenta anos, muita coisa mudou. Muitas foram as reformas até que se chegasse ao atual resultado. Muitas delas passando por cima de leis urbanísticas que durante o período, e mesmo hoje, não conseguiam alcançar as grandes massas, devido ao desinteresse dos órgãos públicos e falta de planejamento sustentável, palavra que, segundo relato da proprietária da casa, não existia na época.

A proposta de adequação arquitetônica à técnica do Telhado Verde vem justamente ajudar a suprir as atuais necessidades do meio ambiental urbano, devolvendo-lhe características naturais perdidas ao longo do tempo, através do impróprio domínio do homem ao solo, e ainda buscar elementos que possam promover a sustentabilidade domiciliar.

Observamos que não serão propostas mudanças na atual disposição dos cômodos da casa, tanto em respeito à planta baixa quanto ao layout. Não é esse nosso objetivo. Queremos sim, através de um olhar ousado e inovador, trazer a casa à contemporaneidade, onde aspectos de âmbito ambientalista, ecológicos, naturalistas e etc., têm de fato determinado mudanças no estilo de vida da população mundial. A adequação deve resultar em uma construção sob a forma de alerta, onde se denuncia a prática do uso negligente e irresponsável do solo.

## 6.2 IMPACTOS AMBIENTAIS: NEGATIVOS E POSITIVOS

Como já foi observado anteriormente, impacto ambiental é o conjunto de alterações do meio ambiente decorrentes das atividades humanas. É preciso, porém fazer uma ressalva quanto à produção deste “impacto”, pois a própria palavra já carrega certa conotação negativa, sendo assim divulgada e, paulatinamente, se tornando sinônimo de problemas e perdas, o que não se configura como verdade absoluta. Há também o impacto positivo, e ele é identificado pelas atitudes humanas que objetivam intervir no meio sem afastar do mesmo suas propriedades naturais, ou até mesmo promover a devolução de características que lhe foram retiradas em intervenções anteriores. Hoje em dia, já é bastante comum quantificar, previamente, o impacto que podem vir a ser produzido pela implantação de empreendimentos, e

muitas das vezes, é através desses estudos que se viabilizam projetos, não apenas pela conservação ambiental como também por uma sustentabilidade sugerida.

A intenção deste trabalho, além de alertar sobre a péssima condição ambiental vivida pela residência escolhida, e pelo meio urbano ao qual está inserida, mostrando desse modo seus impactos negativos, é também quantificar sobre alguns aspectos ambientais e sustentáveis os impactos produzidos pela adequação à técnica do Telhado Verde. Assim então classificaremos os impactos negativos e positivos.

### 6.2.1 Impactos Negativos

#### 6.2.1.1 Aumento do *RunOff*

Para quantificar esse aumento foram levadas em consideração as mudanças na cobertura, com prolongamento da sua área e acréscimo de inclinação.

Em 1970, com uma área de cobertura existente de 62,90 m<sup>2</sup>, e convencionando intensidade pluviométrica de 240 milímetros por hora, aplicável na maior parte do território brasileiro, podemos então calcular a vazão em litros/segundos a qual o terreno tinha que suportar.

**$Q = 0,278C \cdot i \cdot A$** ; onde:

- **Q** é a vazão;
- **C** é o coeficiente de escoamento, que para telhados sem fuga, é de 0,70 a 0,95 (Grupo de Recursos Hídricos – UFBA, 2008).
- **i** é a intensidade da chuva em litros/segundos, 0,067 l/s;
- **A** é a área correspondente a cobertura, em m<sup>2</sup>.

Temos então:

$$Q = 0,278 \cdot 0,95 \cdot 0,067 \cdot 62,90 = 0,2641 \cdot 4,2143$$

**Q = 1,10 litros/segundo**, aproximadamente.

Atualmente, com uma área de cobertura existente de 140,35 m<sup>2</sup>, equivalente a 70,18% da área do terreno, tem-se:

$$Q = 0,278C \cdot i \cdot A$$

$$Q = 0,278 \cdot 0,95 \cdot 0,067 \cdot 140,35$$

**Q = 2,50 litros/segundo**, aproximadamente.

Comparando rapidamente os resultados vemos um aumento na vazão superficial na ordem de 127,27%, ou seja, uma contribuição que antes era de 660 litros numa chuva de apenas dez minutos, hoje é de 1.500 litros.

Hoje se atribui ao *runoff* características de vetor de doenças, por carregar pelas sarjetas materiais contaminados, frutos das atividades humanas e dos animais, entupir redes de esgotos, etc. Levando em consideração o fato de que toda a rede de água/esgoto do bairro (3º conjunto) foi projetada em 1970, sendo levemente modificada nos anos 90, e também o fato de não ser a única casa do conjunto a ter essas características, é muito fácil deduzir o resultado final: diversos pontos de alagamentos formados em poucos minutos de precipitação.



Figura 24. Fotos de pontos de alagamentos dentro do 3º Conjunto da Cohab-Anil (próximos ao Terminal de Integração) provocados por RunOff. Chuva registrada no dia 11/7/2009. Duração das 12:03 hs às 12:15 hs.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2009.

### 6.2.1.2 Diminuição da Evapotranspiração

A melhor forma de tornar visível a diminuição da evapotranspiração é através da comparação entre a área verde existente em 1970 e em 2009.

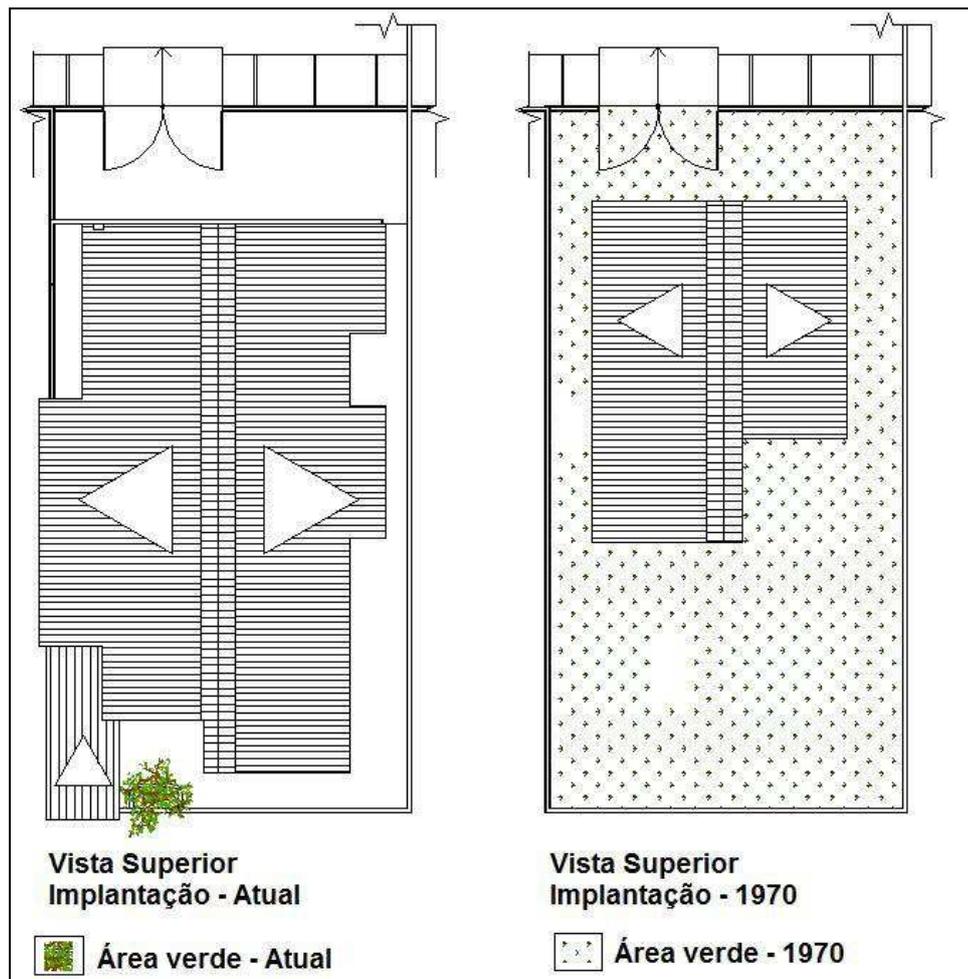


Figura 25. Comparação entre as áreas verdes existentes em 1970 e atualmente.  
Fonte: Arquivo Pessoal, 2009.

A Evapotranspiração é um estágio dentro do ciclo do processo hídrico das águas pluviais, onde são captadas pelo solo, e em seguida evaporadas aos poucos, e/ou são absorvidas pelas plantas, durante sua transpiração. Nas duas formas, a principal fonte de evapotranspiração são áreas livres, naturais.

Atualmente, a única área livre que o terreno dispõe, fica localizada no quintal, com 0,70m de largura por 1,50m de comprimento, formando uma área de

1,05m<sup>2</sup>, que como observado anteriormente, corresponde a 0,52% da área total. De acordo com a Legislação Urbanística de São Luís, deveria ser reservada uma área livre mínima de 20%, ou seja, no caso tratado, essa área seria de 10m<sup>2</sup>. Fica então comprovado, levando em consideração que este índice mínimo, estimado pela legislação, é um pré-requisito para o estabelecimento das funções normais do solo, que a atual área livre além de ilegal, produz efeito insignificante dentro da evapotranspiração. Como resultado dessa prática tem-se a incapacidade de manter um nível normal de umidade na atmosfera, causando extremo desconforto físico.

#### 6.2.1.3 Maior exposição à Radiação

Um indicador que pode determinar o aumento do impacto ambiental provocado pela radiação solar é o metro quadrado de construção, pois quanto maior a área de exposição à radiação, maior também serão os seus fenômenos de atenuação: absorção, reflexão, dispersão ou espalhamento e transmissão, todos levando a um gradual aumento da temperatura ambiente, seja ela emitida para o meio externo, o meio urbano, ou transferida para o meio interno, de acordo com o coeficiente de transmissão de calor dos materiais de construção utilizados.

A radiação solar no Maranhão é em média de 9,95 W/m<sup>2</sup> (Núcleo de Energias Alternativas - UFMA). Usando esse valor como base e, levando em conta apenas a área de implantação/ocupação do solo entre os anos de 1970 a 2009, podemos melhor observar o aumento do nível de radiação incidente, fruto da urbanização.

## 6.2.2 Impactos Positivos

### 6.2. 2.1 Controle do *RunOff*

É válido lembrar que o *RunOff* é um fenômeno natural e tem papel muito importante no ciclo dos processos hídricos do meio urbano. É através do *runoff* que são devolvidas ao solo parte das águas da chuva, imprescindível para o processo de evapotranspiração. A questão é que atualmente, o nível de recobrimento do solo natural tem atingido altos valores, praticamente impermeando a cidade e elevando a temperatura. O resultado disso é o visível desajuste dentro dos ciclos de precipitação.

O Telhado Verde possui uma capacidade de absorver aproximadamente 50% da água precipitada sobre a cobertura, isso com camada de substrato variando entre 7cm a 10cm. No caso da residência escolhida representariam 75 litros/min que deixariam de ser lançados ao meio urbano, deixando o volume de *runoff* praticamente igual ao de 1970, isso com a vantagem de não diminuir sua atual implantação.

Logicamente, não se pode querer controlar o volume total de água precipitada, uma vez que parte da água de chuva que cai sobre a superfície de captação perde-se por evaporação, retenção, limpeza do telhado, etc. (TOMAZ, 2003). Mas, no entanto, pode-se pensar em aproveitar esse excedente, usando o coeficiente de escoamento superficial, que representa o quociente entre a água que escoar superficialmente pela área de captação pelo total de água precipitada, para calcular essa demanda de água excedente.

Desse modo, temos o volume de água de chuva que pode ser aproveitado definido pela seguinte equação:

$$V = (P * A * C) / 1000$$

Sendo:

V = Volume de água de chuva (m<sup>3</sup>).

P = precipitação (mm), adotado 194 mm (média histórica anual, de 1961 a 1990, na cidade de São Luís – NEMRH/UEMA).

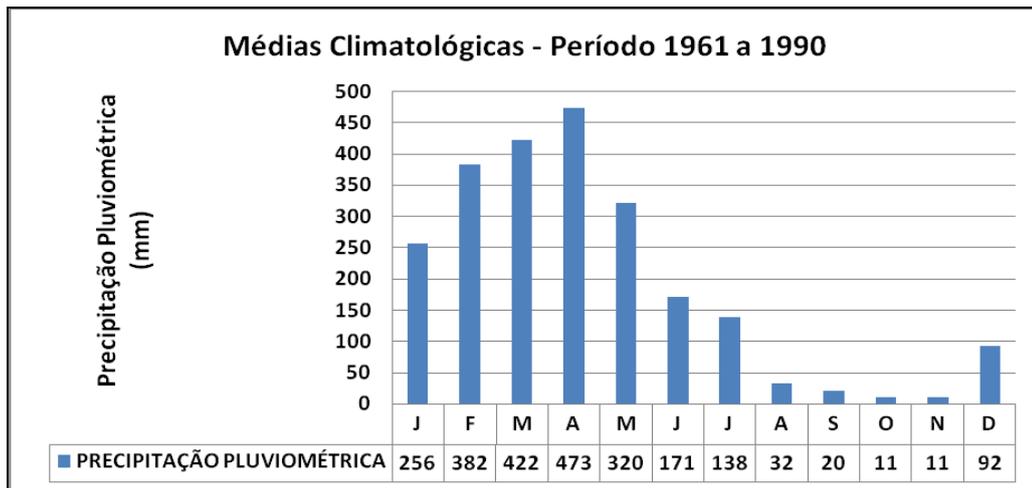
A = área de captação (m<sup>2</sup>).

C = coeficiente de *runoff*, que para telhado verde é igual a 0,27 (TOMAZ, 2003).

No caso em questão, temos:

$$V = (194 * 134,26 * 0,27) / 1000 = 7,03 \text{ m}^3 = \mathbf{7.032 \text{ litros}} \text{ (por mês)}.$$

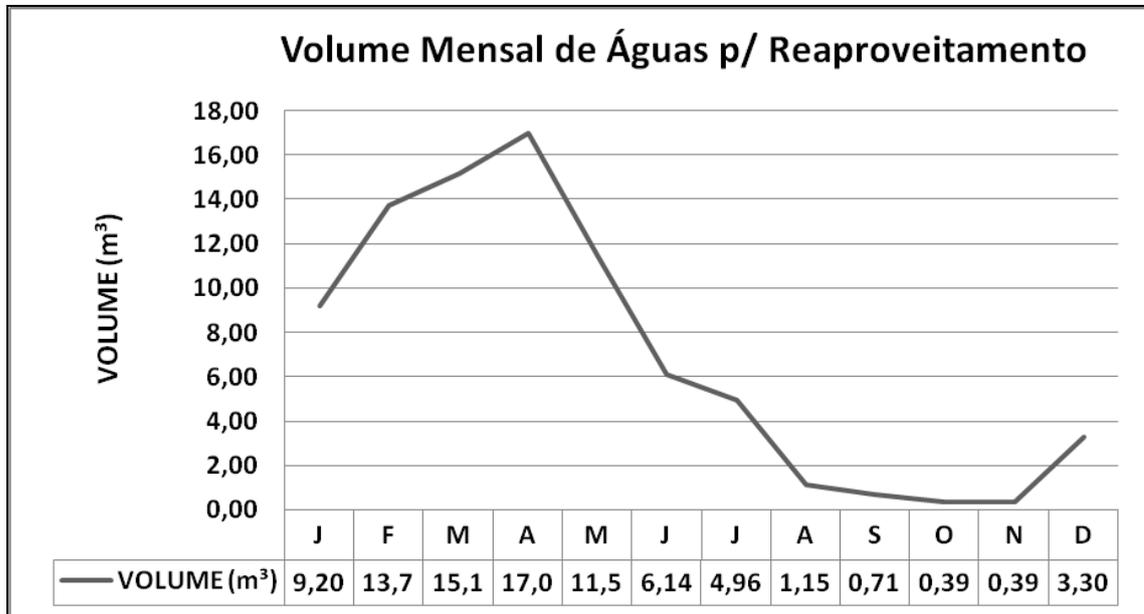
**Tabela 7– Médias Climatológicas de São Luís – Período 1961 a 1990.**



Fonte: Laboratório de Meteorologia – LabMet/UEMA. Disponível em:

<http://www.nemrh.uema.br/meteoro/meteoro.htm>

**Tabela 8– Volume Mensal de Águas para Reaproveitamento de acordo com a Tab.07**



Fonte: Arquivo Pessoal, 2009.

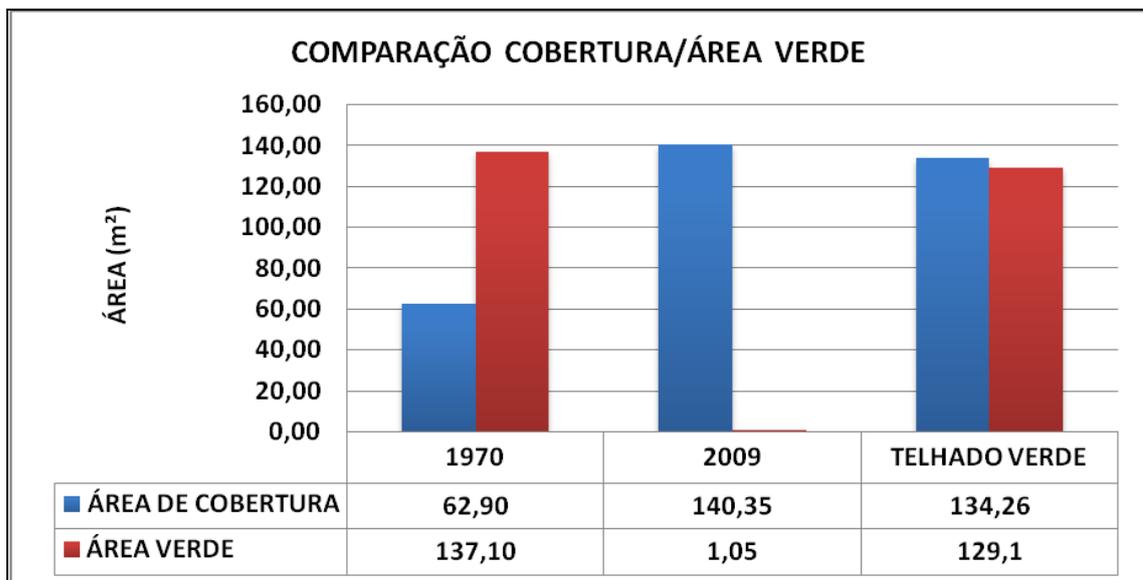
Através do Gráfico da Tabela 7, vemos que nos meses de Outubro e Novembro temos a menor contribuição de água para reaproveitamento. Mesmo assim fica acumulado cerca de 390 litros de água pluvial, valor que já se configura relevante.

#### 6.2.2.2 Controle da Qualidade do Ar

Termo oficializado pelo Protocolo de Kyoto, o Seqüestro de Carbono é o processo de criação de novas, ou de preservação das já existentes, áreas verdes com o intuito de promover a captura e estocagem de CO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>-equivalente da atmosfera, desse modo amenizando os impactos provocados pelo efeito estufa no mundo. A permanência do CO<sub>2</sub> na atmosfera é estimada em 100 anos, ou seja, é um problema que com certeza irá atingir as gerações futuras.

Com a adequação arquitetônica da residência em questão à técnica do Telhado Verde, se ganha uma área de cobertura vegetal de 134,26 m<sup>2</sup>, 67,13% da área do lote. Nesse caso conseguiríamos devolver ao lote uma porcentagem de área verde próxima da implantação original em 1970, amenizando os efeitos das reformas implantadas ao longo desse período sem modificar sua planta atual, a qual tem em seu layout a impressão das necessidades dos seus moradores. Essa prática se tornando uma constante, logo poderíamos dizer que é possível transformar as cidades em “purificadores auto-sustentáveis”.

**Tabela 9– Comparação entre as Áreas de Cobertura e Verdes no período de 1970 até 2009, e em relação à adoção do Telhado Verde.**



Fonte: Arquivo Pessoal, 2009.

### 6.2.2.3 Formação de Barreira contra a Radiação Solar

As telhas de fibrocimento apresentam baixos valores de refletividade, absorvendo até 98 % da energia solar, causando aquecimento excessivo dos telhados, e conseqüente aquecimento do ambiente interno. Na superfície externa do telhado de fibrocimento, as temperaturas médias variam de 40°C a 60°C, durante o dia e com temperatura ambiente em torno de 30°C, enquanto em telhados verdes a

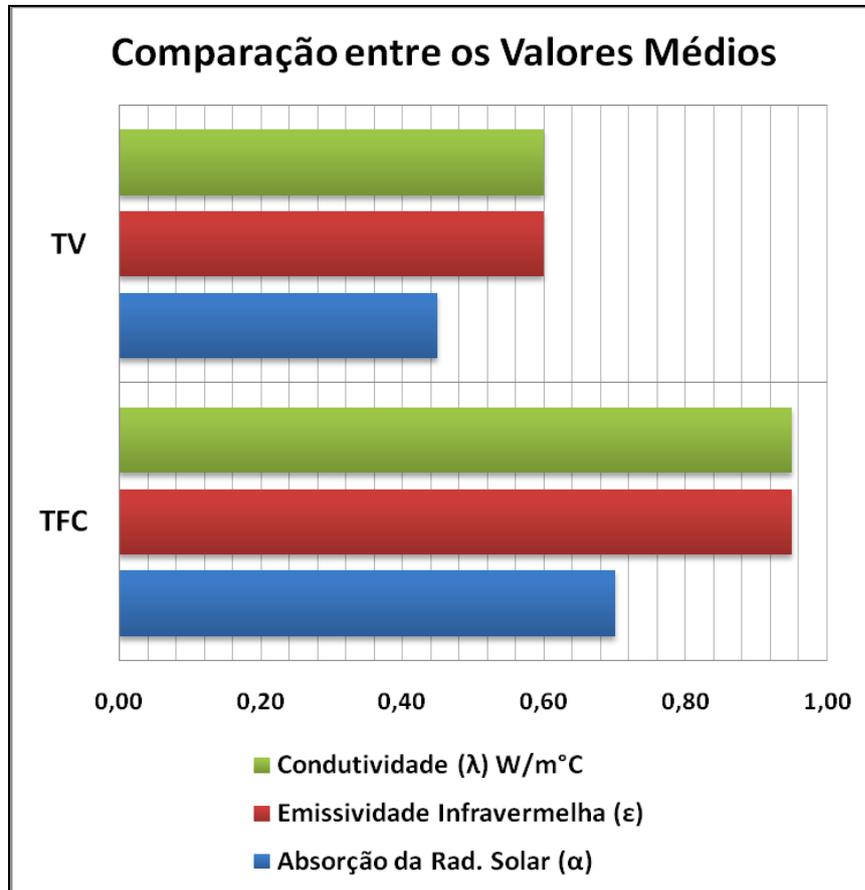
temperatura varia entre 25° e 30°C. A respeito da temperatura interna o telhado verde proporciona uma redução de 1,7°C até 3,9°C.

**Tabela 10– Valores Médios de Absorção Solar, Emissividade, Condutividade e Calor Específico da Telha de Fibrocimento (TFC) e do Telhado Verde (TV).**

<b>Valores Médios de Absorção Solar, Emissividade, Condutividade e Calor Específico da Telha de Fibrocimento e do Telhado Verde.</b>			
	UND	TFC	TV
<b>Absorção da Rad. Solar (<math>\alpha</math>)</b>	-	0,70	0,45
<b>Emissividade Infravermelha (<math>\epsilon</math>)</b>	-	0,95	0,60
<b>Condutividade (<math>\lambda</math>)</b>	W/m°C	0,65 / 0,95	0,60
<b>Calor Específico ( c )</b>	J/Kg°C	1600 / 2000	1465

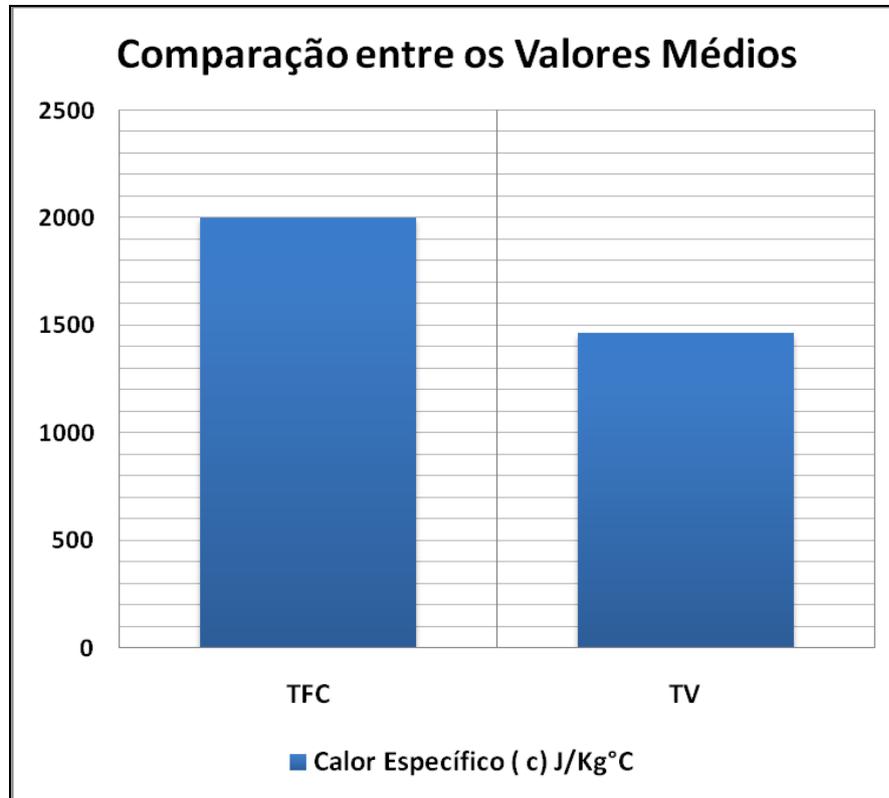
Fonte: BARROSO-KRAUSE, et Al. Bioclimatismo no projeto de Arquitetura. Alguns fundamentos e instrumentos para concepção em clima tropical úmido para edificações previstas sem climatização ou com climatização mista. FAU-UFRJ, 2008.

**Tabela 11– Comparação entre os Valores Médios do Telhado Verde (TV) e A Telha de Fibrocimento (TFC).**



Fonte: BARROSO-KRAUSE, et Al. Bioclimatismo no projeto de Arquitetura. Alguns fundamentos e instrumentos para concepção em clima tropical úmido para edificações previstas sem climatização ou com climatização mista. FAU-UFRJ, 2008.

**Tabela 12– Comparação entre os Valores de Calor Específico do Telhado Verde (TV) e A Telha de Fibrocimento (TFC).**



Fonte: BARROSO-KRAUSE, et Al. Bioclimatismo no projeto de Arquitetura. Alguns fundamentos e instrumentos para concepção em clima tropical úmido para edificações previstas sem climatização ou com climatização mista. FAU-UFRJ, 2008.

O telhado verde atua como uma barreira retardando a transmissão da radiação para dentro da residência. Uma barreira com três camadas: a camada de cobertura vegetal (gramas), que absorve parte da radiação em seu processo de fotossíntese; a camada de substrato, que utiliza a radiação para viabilizar seu processo de evapotranspiração; e a impermeabilização, através de mantas ou membranas resistentes aos raios UV. Portanto, a radiação que atravessa essas camadas não é suficiente para aumentar significativamente a temperatura interna, deixando o ambiente insalubre ou desconfortável.

#### 6.2.2.4 Benefícios Econômicos

Os seguintes benefícios econômicos podem ser alcançados com o uso do Telhado Verde:

- a) **Redução nos gastos com manutenção de impermeabilizações** – Protegida pelo telhado verde, a manta (ou membrana impermeabilizante) tem suas condições adversas minimizadas, resultando em vida útil mais longa;
- b) **Economia nas contas de energia** – Podendo atingir uma redução de 25% a 30% nas necessidades de refrigeração, e ajudando também a manter sob controle o nível de transmissão de energia para a cidade. Na cidade de Toronto, por exemplo, um estudo realizado pela *Ryerson University* calculou o custo da energia demandada em sistemas de climatização artificial em \$ 0,1017 por kWh. Com a adoção do telhado verde conseguiriam poupar cerca de 4,15 kWh por m<sup>2</sup>, o que representaria uma economia de US \$ 21 milhões por ano para os órgãos públicos da cidade;

**Tabela 13– Custos Mensais (R\$) do uso de Condicionadores e Aquecedores, em São Luís- MA.**

PROCEL/CEPEL/ELETRÓBRÁS					
Aparelhos Elétricos	Potência Média Watts	Dias estimados Uso/Mês	Média Utiliz./Dia	Cons.Médio Mensal (Kwh)	Custo Mensal em R\$*
AR CONDICIONADO 7.000 BTUs	1000	30	8 h	240	R\$ 100,44
AR CONDICIONADO 10.000 BTUs	1350	30	8 h	324	R\$ 135,60
AR CONDICIONADO 12.000 BTUs	1450	30	8 h	348	R\$ 145,64
AR CONDICIONADO 15.000 BTUs	2000	30	8 h	480	R\$ 200,88
AR CONDICIONADO 18.000 BTUs	21000	30	8 h	504	R\$ 210,93
AQUECEDOR DE AMBIENTE	1550	15	8 h	186,0	R\$ 77,84

Fonte: PROCEL, 2009. \*Custo Mensal calculado a partir da tarifa cobrada pela CEMAR, que é de R\$ 0, 418520 kW/h.

c) **Redução do nível de Dióxido de Carbono, com lucro, da atmosfera terrestre** – Ainda citando a pesquisa desenvolvida na cidade de Toronto, no Canadá, provou-se também ser possível um resgate de carbono da ordem de 56.300 toneladas métricas por ano. Dentro de levantamentos de mercado, descobriram que a tonelada métrica de carbono valia US \$ 10, em créditos de carbono. Logo, as poupanças de custos de redução de dióxido de carbono seriam de US \$ 563.000 por ano.

d) **Economia na Conta de Água** – As águas utilizadas diariamente para fins não-potáveis, pelas residências representam cerca de 39,2% a 42,7% do total (TOMAZ, 2003). Essas águas, em sua maioria, não são reaproveitadas. Sabendo que o consumo de água por pessoa é de 200 litros/dia, e que na residência-exemplo escolhida neste trabalho tem-se um total de 04 moradores, observamos um consumo de 2.400 litros por mês, sendo 940 litros voltados para fins não-potáveis. Falando da residência-exemplo, também vimos que o volume de água que pode ser reaproveitado é, em média, de 7.032 litros/ mês. Se o valor cobrado na última conta de água foi de R\$ 75,82 , gastou-se então R\$ 29,72 com uso não-potáveis. Usando o telhado verde se conseguiria economizar até mesmo 90% desse valor, através de um processo de estocagem e tratamento da água captada, se bem executados.

## 7 CONSIDERAÇÃO FINAL

Segundo estudo apresentado, conclui-se que atualmente, já não nos permitimos pensar que, de alguma forma, exista a possibilidade de dissociar das atividades humanas, a muito impregnada pelo capitalismo, a responsabilidade pelas intensas mudanças climáticas que assolam o planeta. Isso representa grande avanço. Um importante passo para a conscientização global de que o mundo em que vivemos, e que pretendemos continuar vivendo, está desesperado e necessitando de ajuda, sobre a linha limítrofe que separa a sobrevivência da extinção. Porém, também é prudente admitir que não gozamos de condições que nos habilitem a rejeitar o uso de tecnologias poluentes, os combustíveis fósseis por exemplo. Na simples ação de pegar um ônibus para ir trabalhar, estamos contribuindo com a degradação ambiental.

Voltando a atenção para a questão do processo de urbanização brasileiro, podemos de modo mais veemente afirmar que o desenvolvimento das relações humanas, conseqüente desenvolvimento da sociedade, resultando no desenvolvimento descontrolado das cidades, tem imensa parcela de culpa pela atual condição ambiental vivida. A extrema irresponsabilidade, e negligência às leis, imposta ao uso do solo urbano, tenha ele caráter particular ou público, evidenciada no decorrer do presente trabalho, nos credencia a classificá-la como causadora direta dos fenômenos chamados impactos ambientais, sendo alguns deles: enchentes e alagamentos decorrentes do acúmulo de água provenientes de runoff, precipitações aperiódicas intensas, extremismos climáticos, etc.

Diante das informações apresentadas de pesquisas anteriores, dentro das mais diversas áreas da sustentabilidade e outras aplicações, da confirmação obtida através dos números positivos que envolvem a proposta de adequação arquitetônica da residência unifamiliar escolhida, em comparação a sua atual estrutura de implantação, os materiais e técnicas construtivas adotadas, resultante de um processo de reformas sucessivas e não planejadas que visava apenas uma rápida adaptação às situações adversas enfrentadas, prática comum à maioria das famílias, e do fácil acesso aos seus elementos componentes, focando uma abordagem particularmente regional, no atendimento às condições climáticas e

sociais encontradas no município de São Luís – MA, ou seja, dispondo de base sólida cercada de certezas, afirma-se que a técnica do Telhado Verde é uma forte aliada na luta pelo resgate das condições climáticas ideais, podendo, somente sua aplicação reverter atuais quadros ambientais negativos, representada por uma melhoria dinâmica que ao mesmo tempo sendo individualista, atingindo diretamente o menor nível na divisão do solo, o lote, é também generalista, contribuindo para um bem-estar social de proporções globais.

Contudo, esbarra-se nos problemas: da divulgação em massa das suas propriedades, de modo a conscientizar todos dos impactos gerados por atitudes erradas no uso do solo urbano; da falta de legislação apropriada, que proporcionaria uma política de compensação, dessa forma mantendo sobre controle os índices de área verde das cidades; e da escassez de incentivos, seja de natureza fiscal ou financeira, que garantam a boa receptividade a mudanças de pensamento e comportamento, promovendo no mínimo certa justiça, pois os impactos positivos gerados pela implantação da técnica têm abrangência pública. Fica então como sugestão a novos trabalhos, a descoberta de meios que possam transpor a barreira formada por esses problemas.

## REFERÊNCIAS

BOCK, Lia. O jardim subiu no telhado. Revista Época: Edição nº 505, 2008.  
Disponível em: <[www.revistaepoca.globo.com](http://www.revistaepoca.globo.com)>. Acessado em: 20 abril 2009.

Capítulo 06 – Geotêxteis. Manual de Geossintéticos. Engepol Geossintéticos LTDA.  
Pesquisa Google, 2009. Disponível em:  
<<http://www.engepol.com/produtos/pdfs/capitulo06.pdf> >. Acessado em: 08 jul 2009.

DUNNET, Nigel; KINGSBRUG, Noël. Planting Green Roofs and Living Walls –  
Portland, Oregon 97204-3527, U.S.A.: Timber Press, 2004.

DE MELO, George W.B.; BORTOLOZZO, Adriane Regina; VARGAS, Leonardo.  
Produção de Morangos no Sistema Semi-Hidropônico - Substratos. EMBRAPA,  
2006. Disponível em:  
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MorangoSemiHidroponico/substratos.htm>>. Acessado em: 25 mai 2009.

GRUSZYNSKI, Cirilo. Capítulo 1 – Os substratos para plantas. Cirilo Gruszynski,  
Tecnologia em Horticultura e Floricultura. Pesquisa Google, 2009. Disponível em:  
<<http://www.cultivodeflores.com.br/substratos.htm>>. Acessado em: 23 mai 2009.

Grupo de Recursos Hídricos. Apostila de Hidrologia, Capítulo 06: Escoamento  
superficial. Universidade Federal da Bahia, Departamento de Hidráulica e  
Saneamento. Bahia, p. 55-71, 2008. Disponível em:  
[http://www.grh.ufba.br/download/2005.2/Apostila\(Cap6\).pdf](http://www.grh.ufba.br/download/2005.2/Apostila(Cap6).pdf). Acessado em: 27 jul  
2009.

HERTZ, John. Ecotécnicas em Arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do  
Brasil – São Paulo: Pioneira, 1998

HARRIS, Tom. Como tudo funciona: Como funciona a grama. HowStuffWorks, 2009. Disponível em: <<http://casa.hsw.uol.com.br/grama.htm>>. Acessado em: 10 jul 2009.

HAW, Peter. Cidades do Amanhã: uma história intelectual do planejamento e do projeto urbanos no séc. XX – São Paulo: Perspectiva, 2005.

IGRA - The International Green Roof Association. Disponível em: <[www.ingra.com](http://www.ingra.com)>. Acessado em 20 abril 2009.

MASCARÓ, Lúcia. Tecnologia e Arquitetura – São Paulo: Nobel, 1989.

Mascaró, Juan José. Vigência dos critérios (ambientais) de projeto de Le Corbusier. Portal Vitruvius. Abril, 2009. Disponível em: <[http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq102/arq102\\_03.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq102/arq102_03.asp)>. Acessado em: 20 abril 2009.

MASSAD, Fredy; GUERRERO, Alicia. Vegetação nas Alturas. Portal Vitruvius. Maio, 2008. Disponível em: <[http://www.arquitextos.com.br/drops/drops22\\_04.asp](http://www.arquitextos.com.br/drops/drops22_04.asp)>. Acessado em: 30 jun 2009.

Contenções Definitivas. Google Imagens. Disponível em: <<http://dminas.ist.utl.pt/>>. Acessado em: 08 jul 2009.

MOTA, Suetônio. Urbanização e Meio Ambiente – Rio de Janeiro: ABES, 1999.

LEENHARDT, Jacques. Nos jardins de Burle Max: estudos – São Paulo: Perspectiva, 1996.

LE CORBUSIER. Una pequeña casa – Buenos Aires: Infinito, 2005, p. 28.

\_\_\_\_\_. Maneira de pensar o urbanismo. Mira-Cintra, Publicações Europa-América, 1977.

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. Acta Horticulturae, Wageningen, n.396, p.273-284, Sept. 1995.

LOMBARDO, Magda Adelaide . Ilha de Calor Nas Metr6poles – S6o Paulo: Hucitec, 1985.

SALVADOR, Elisabete Domingues; MINAMI, Keigo. Avalia76o de diferentes substratos no cultivo de Grama-Esmeralda (*Zoysia Japonica Steud*) em bandejas. Ci6nc. Agrot6cnicas, Lavras, v.26, n.2, p.237-243, Mar./Abr., 2002

Tend6ncias Demogr6ficas, 2000. IBGE, 2001.

Temperatura est6 2,49 mais alta em S6o Lu6s. O Estado do Maranh6o, 2008.  
Dispon6vel em: <[www.imirante.com](http://www.imirante.com)>. Acessado em: 20 Abril 2009.

TOMAZ, Pl6nio. Aproveitamento de 6gua de Chuva para 6reas Urbanas e Fins n6o Pot6veis. 29 Edi76o. S6o Paulo: Editora Navegar, 2003.

KRÜGER, Eduardo Leite. Impacto do adensamento e da orienta76o solar de c6nions urbano na demanda por condicionamento t6rmico de edifica76es sob condi76es de clima des6rtico. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 65-87, jan./mar. 2008.

## APÊNDICE

## **APÊNDICE A – ENTREVISTA COM MARIA CÉLIA B. VIANA**

A entrevista foi realizada no dia 12 de julho de 2009, iniciada às 10 horas e 35 minutos e finalizada às 12 horas e 13 minutos, na casa da proprietária, a senhora Maria Célia Bezerra Viana (77 anos). Destacamos também a presença de três dos seus seis filhos, sendo eles: Emmanuel Messias de Castro Viana Filho (44 anos), Regina Célia Viana Moura (44 anos) e Carla Hílvia Bezerra Viana Ferreira (41 anos), que viveram na casa desde 1970 e acompanharam de perto todas as reformas, assim contribuindo positivamente, para que o desenvolvimento da entrevista acontecesse de forma mais detalhada e concisa.

- **Perguntas e Respostas**

**1) Em que ano chegou?**

**R.:** Mudamos para essa casa em 11/01/1970, quando a recebemos da administração da COHAB.

**2) Eram quantos moradores inicialmente?**

**R.:** Eram 05 filhos, 01 irmã, eu e meu marido, no total, 08 pessoas.

**3) Quantos cômodos tinham a casa originalmente?**

**R.:** Tinham 05 cômodos, 01 sala, 02 quartos, 01 banheiro, e 01 cozinha, mais um terraço e um quintal.

**4) Quanto tempo a casa permaneceu com o projeto original? E qual foi a 1ª reforma?**

**R.:** Nem um ano, assim que chegamos em 1970 colocamos logo um muro cercando todo o terreno, pra evitar brigas com vizinhos e para nossa proteção, e criamos também a platibanda, por que haviam muitos comentários de telhas sendo levantadas pelos ventos fortes.

**5) Você saberia dizer quantas reformas foram feitas, por ordem cronológica?**

**R.:** Sim. A primeira eu já falei, depois em 1974 mudamos o banheiro de lugar, criando uma copa/cozinha, e aumentamos a largura da sala. Ainda em 74, separamos a cozinha da copa, deixando cada uma em seu lugar, mudou novamente o banheiro de lugar, dessa vez colocando o piso cerâmico, e foi feito mais um

quarto, para mim e meu marido. Também trocamos todo o piso dos quartos, da sala e cozinha, que eram de cimento comum, e botamos de cimento xadrez (cimento vermelho).

Em 1980, trocamos o piso da sala e da copa por piso cerâmico, aumentamos o comprimento da cozinha e criamos mais um quarto.

Já em 1984, fechamos todo o terraço com piso cerâmico, e também o quintal com piso de cimento. Também foi feito o tanque.

Em 1992, eu mandei aumentar em 90 centímetros o pé direito da casa toda, porque ficava um pouquinho abafado, aproveitei e troquei todo o telhado.

No ano de 1994, comecei a fazer dois banheiros para os quartos (transformando eles em suítes), mas nunca terminei essa obra.

A última foi em 2008, quando troquei todos os rebocos de barro que tinham aqui em casa, eles chupavam a umidade toda e ficavam inchados.

**6) Quais foram os principais motivos para tantas reformas de ampliação?**

**R.:** Bom, para melhor adequar a casa, atendendo a todos da família, que ia aumentando com o nascimento de mais uma filha, em 1979.

Também houve os casos em que dois dos meus filhos se separam dos cônjuges e vieram morar aqui comigo. Num desses casos, a minha filha trouxe também dois filhos. Olha só, teve uma época que em minha casa moravam eu, meu marido, cinco filhos e uma filha adotada, uma nora e mais dois netos, ou seja, onze pessoas.

**7) Por que não foi conservada nenhuma área verde (solo natural)?**

**R.:** Eu não sei. Eu apenas fiz. Houve uma época que eu pensei em fazer um jardim de inverno no lugar do acesso lateral da copa, mais na hora não tínhamos o dinheiro.

**8) Alguma vez você contou com a Judá, ou contratou um arquiteto ou engenheiro, ou qualquer outro técnico?**

**R.:** Não, tudo foi feito de acordo com o que queria. Eu mesma passava as informações para os pedreiros.

**9) Existia, por sua parte, algum conhecimento a respeito das Leis Urbanísticas, vigentes em São Luís?**

**R.:** Não, nunca procurei saber.

**10)As reformas eram legalizadas ou eram feitas sem algum tipo de aprovação técnica?**

**R.:** Quando eu queria fazer alguma reforma ia até o escritório administrativo da COHAB (Companhia de Habitação), relatava as mudanças que queria fazer e então eles me davam a autorização por escrito. Não existia CREA por aqui.

**11)Alguma vez chegou a ser apresentada alguma planta ou outro tipo de descrição oficial das reformas propostas?**

**R.:** Não. Era tudo acertado verbalmente.

**12)O que você entende por sustentabilidade?**

**R.:** Para mim, sustentabilidade é viver bem, respirando com saúde, ou seja, ter qualidade de vida.

**13)Em alguma das reformas feitas, houve algum momento onde você pensou em levar em consideração algum aspecto da sustentabilidade? Porquê?**

**R.:** Não. Porque na época não se pensava nisso, por que já vivíamos numa área verde, com um bom clima. Isso a 40 anos atrás. Não tínhamos nenhuma preocupação a esse respeito.

**14)E atualmente? Você nota alguma diferença no ambiente em que vive?**

**R.:** Muita, antes a gente tinha que fechar a casa porque a noite fazia muito frio. Hoje em dia, se a gente deixa tudo aberto, ainda assim o calor não passa.

**15)Você já se imaginou causadora desses impactos que hoje vive?**

**R.:** Já porque toquei muito fogo em lixo, gerando fumaças tóxicas, já usei muitos produtos que agrediam o meio ambiente, como por exemplo, inseticidas.

**16)E no âmbito urbanístico? Com todas essas reformas?**

**R.:** Não. Porque a informação era pouca ou não existia. Estou sabendo agora.

**17)Mas e se na época, você tivesse buscado ajuda técnica, o resultado seria diferente?**

**R.:** Pode até ser, mas na época não existiam esses técnicos. Os técnicos que eu tinha contato eram os pedreiros, carpinteiros, etc.

**18)E hoje, após tomar conhecimento dessas questões ambientais, você não sente a necessidade de reparar o mal produzido?**

**R.:** Sim, lógico que sim. O grande problema é a falta de recursos. Se tivéssemos recursos com certeza faríamos de tudo para termos um lado ambiental normal, assim como era antes.

**19) Atualmente alguns países tem se destacado na luta pela retomada ambiental, bons exemplos são a Alemanha e o Japão, onde através de leis de incentivos fiscais, e até mesmo financeiros, e também sob dura fiscalização, com aplicações de multas, tem alcançado ótimos resultados na redução dos impactos negativos. Caso houvesse um programa governamental de incentivos, você se sentiria disposta a tomar essa iniciativa?**

**R.:** Com certeza. Se houvessem esses incentivos, eu com certeza participaria, porque o que mais pesa são os custos da reforma. Quem não gostaria de ajudar a natureza e ainda por cima reduzir os gastos com impostos. Pelo menos veríamos nosso dinheiro realmente sendo bem empregado, e não jogado fora como é hoje.

**20) Em sua opinião, quem seria o verdadeiro responsável pelas atuais alterações climáticas, a gestão pública que ainda ignora esses fatos e não os leva em consideração nos planejamentos urbanos, ou a ação particular do indivíduo que modifica seu entorno para melhor adaptar a natureza a suas preferências?**

**R.:** Eu vejo da seguinte maneira, é uma via de mão dupla. Eu tinha que procurar me atualizar, saber o que vem acontecendo, e se houvesse maior fiscalização e esses programas de incentivos, nos sentiríamos mais obrigados a fazer do modo correto.

## APÊNDICE B – CRONOGRAMA DE ETAPAS

A seguir o quadro onde é descrito as etapas e período de execução das mesmas:

<b>ATIVIDADES</b>	<b>Março 2009</b>	<b>Abril 2009</b>	<b>Maio 2009</b>	<b>Junho 2009</b>	<b>Julho 2009</b>	<b>Agosto 2009</b>
Levantamento Bibliográfico						
Levantamento e análise dos dados arquitetônicos						
Redação, digitação e normalização da monografia						
Desenv. da Proposta de Adequação						
Entrega da monografia						
Defesa da Monografia						

## APÊNDICE C – LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO E FOTOGRÁFICO



Figura 26. Levantamento Fotográfico.  
Fonte: Arquivo Pessoal, 2009.



Figura 27. Levantamento Fotográfico.  
Fonte: Arquivo Pessoal, 2009.



Figura 28. Levantamento Fotográfico.  
Fonte: Arquivo Pessoal, 2009.

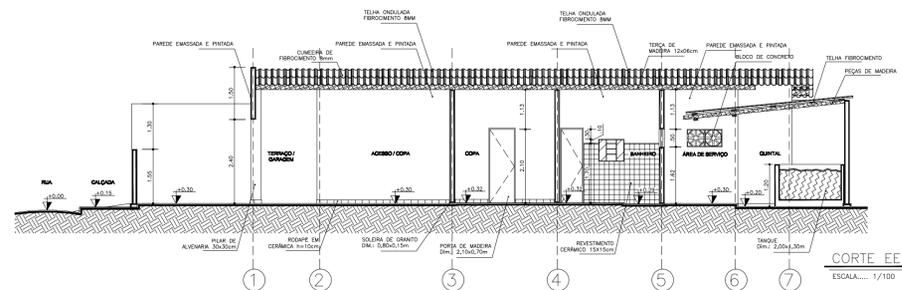
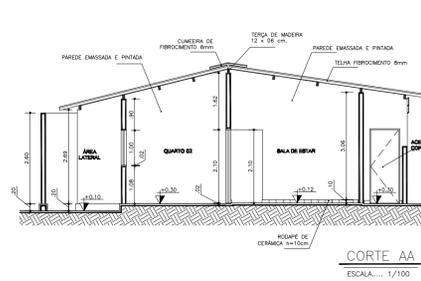
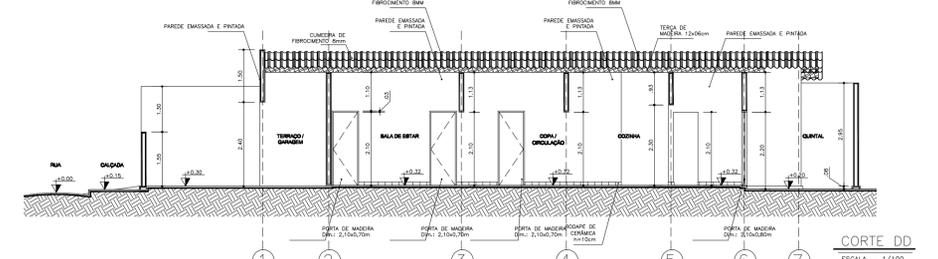
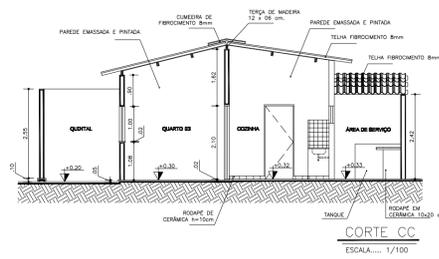
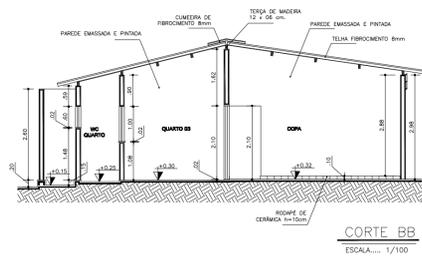
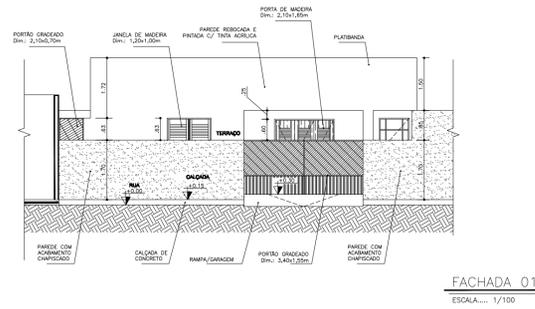
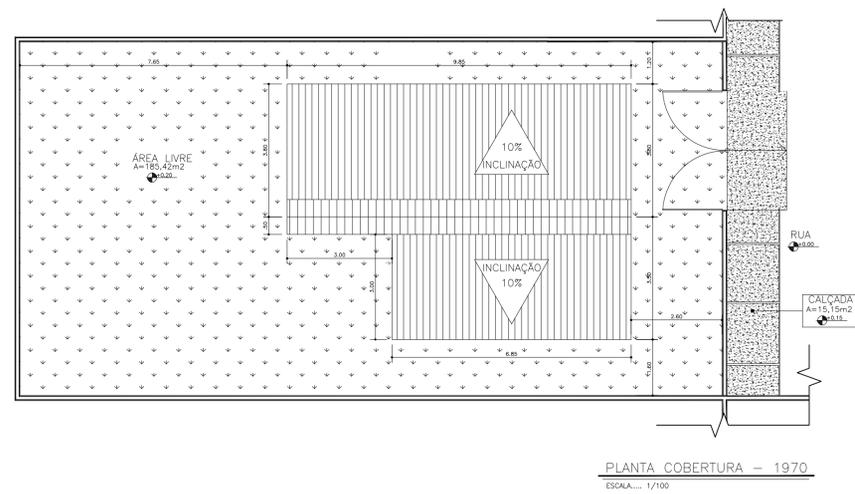
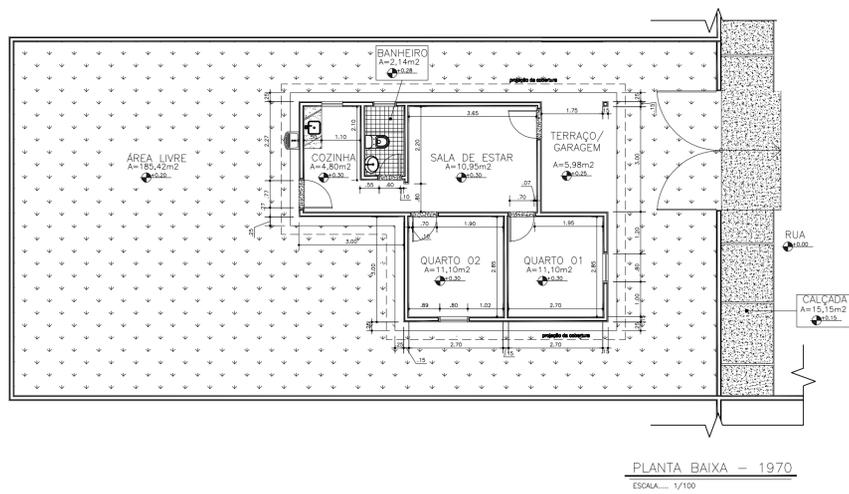
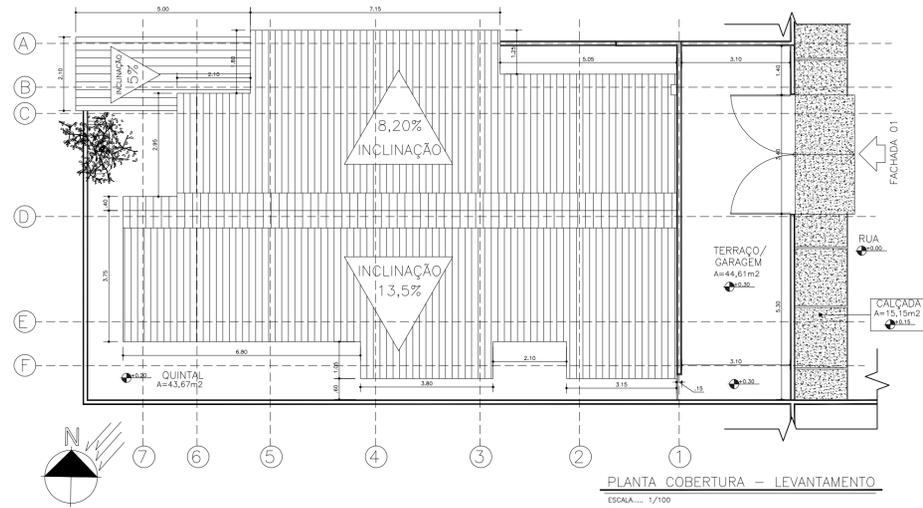
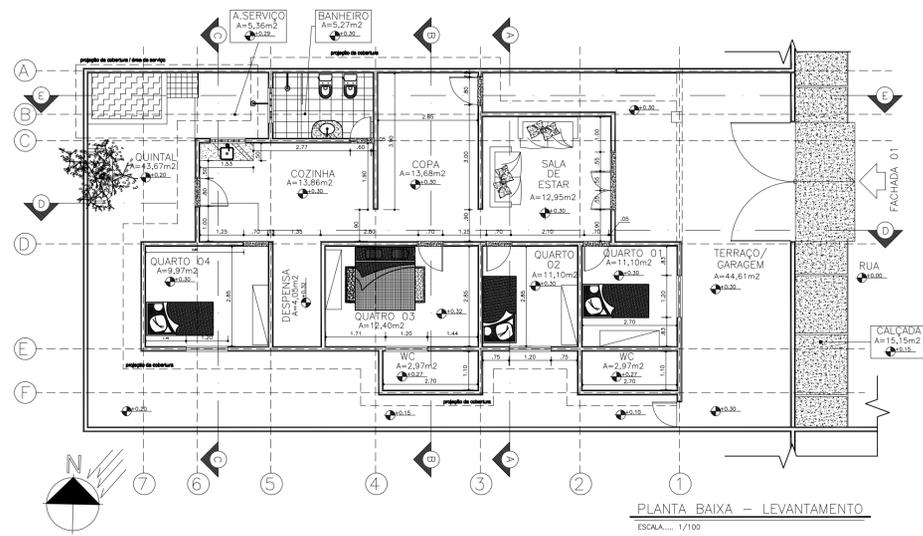


Figura 29. Levantamento Fotográfico.  
Fonte: Arquivo Pessoal, 2009.





## APÊNDICE D – ADEQUAÇÃO ARQUITETÔNICA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO			
ALUNO:	LUÍS FELLIPE VIANA MOURA	CÓDIGO:	0413229
PERÍODO:	10º	DISCIPLINA:	MONOGRAFIA - TFG
ORIENTADOR:	PROF. FLÁVIO SALOMÃO	TÍTULO:	TELHADO VERDE: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA ARQUITETURA
ASSUNTO:	LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO	ESCALA:	1/100
DESCRIÇÃO:	PLANTA BAIXA - 1970 PLANTA BAIXA - ATUAL FACHADA 01 - ATUAL PLANTA DE COBERTURA - ATUAL PLANTA DE COBERTURA - 1970	CORTE AA CORTE BB CORTE CC CORTE DD CORTE EE	DATA: JULHO/09 FRANCHA: 01/01