

5.1 Antecedentes e princípios

5.2 O tratamento do lote e seu projeto paisagístico

5.3 O projeto da unidade habitacional

5.4 A busca por padrões otimizados de conforto ambiental
e eficiência energética

5.5 Equipamentos de suporte à otimização do desempenho
das edificações e da gestão de recursos e resíduos

Apêndices

5.

O PROJETO ALVORADA

5.1 Antecedentes e princípios

5.1.1 Introdução

O Projeto Alvorada recebeu essa denominação por ter sido desenvolvido para a municipalidade de Alvorada, localizada na área metropolitana de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul. O objetivo do projeto, conforme consta dos termos do convênio, celebrado em maio de 1999, entre o Município de Alvorada e a Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foi o de desenvolver “estudos e pesquisas sobre materiais ecológicos e de baixo custo para moradias populares no município de Alvorada [...] visando a implantação [...] de um projeto piloto (protótipo de habitação sustentável), que possa ser viabilizado através de Cooperativas Habitacionais, Associações Comunitárias, Prefeitura Municipal e/ou Organizações Não Governamentais vinculadas à habitação popular, para construção de unidades habitacionais”. O projeto, que se desenvolveu de dezembro de 1997 a novembro de 1999, apresentou como produto de maior significância para o NORIE a Casa Alvorada.

O desenvolvimento de um protótipo de uma habitação popular mais sustentável¹ representou, para a equipe do NORIE, não só um desafio para o aprimoramento de soluções técnicas, mas uma oportunidade de aplicar esses conhecimentos em uma realidade específica, como forma de contribuir para com a sociedade.

A habitação sustentável, tal como a entendemos, requer um novo olhar para o projeto e a construção. É essencial um olhar tecnológico, pelo qual se considerem os fluxos de materiais e energia, sob um enfoque de análise de ciclo de vida, que analise desde a forma como se extraem os materiais e a energia da natureza, até a destinação final dos materiais, quando da demolição ou desmonte da edificação, ao final de sua vida útil. Adicionalmente, há que compatibilizar essa preocupação, que poderia ser chamada de tecnológica, com outros enfoques, sociais, econômicos e ambientais, envolvendo, inclusive, a reeducação ambiental, formal e informal, de seus usuários, inserindo-se todo o conjunto de considerações nas assim denominadas **dimensões da sustentabilidade**.

O Projeto Alvorada iniciou-se como um trabalho elaborado tão-somente por professores e alunos bolsistas (SPERB; BONIN; SATTTLER, 1998) da Linha de Pesquisas em Edificações e Comunidades Susten-

táveis, do NORIE, em resposta a uma demanda do município de Alvorada, localizado na área metropolitana de Porto Alegre. Posteriormente, alunos de disciplinas ministradas no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS foram solicitados a aprofundar os estudos. Primeiramente, foram envolvidos os alunos das disciplinas de Desempenho das Edificações e Edificações e Comunidades Sustentáveis (SATTTLER et al., 1999), desenvolvidas no primeiro e no segundo trimestres de 1999, respectivamente.

O Projeto Alvorada contemplou, além do projeto de uma unidade habitacional (Projeto Casa Alvorada), o tratamento do lote, incluindo o seu paisagismo e uma proposta de equipamentos de suporte à otimização do conforto ambiental e de gestão de resíduos, de água e de recursos energéticos. Considerando-se a complexidade dos projetos a serem desenvolvidos, o grupo de alunos optou por compor três equipes, que se responsabilizariam pelos projetos específicos, conforme adiante descrito.

5.1.2 Breve descrição do Município de Alvorada

Alvorada poderia ser caracterizada como uma “cidade-dormitório” de Porto Alegre, tendo uma área territorial de 72,9 km², e, na ocasião do projeto, uma densidade demográfica de 22,2 hab/ha. Continua sendo conhecida por oferecer escassas oportuni-

¹ Mais sustentáveis, porque entendemos que a sustentabilidade requer um processo continuado, que soma ações a serem desenvolvidas ao longo de um tempo indeterminado (caráter progressivo da sustentabilidade), muitas das quais hoje ainda não identificadas, o que deverá evoluir com o aprofundamento do conhecimento da humanidade sobre o impacto de suas ações sobre a natureza, da qual ele é parte integrante.

des de trabalho, principalmente para a população do sexo masculino, que acaba marginalizada.

Em Alvorada, a renda média da população, na ocasião, era muito baixa, ocorrendo um elevado índice de desemprego e um alto déficit habitacional, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos. As atividades produtivas locais não eram muito expressivas, constituindo-se de pequenos estabelecimentos comerciais, voltados ao consumo local e comércio de materiais de construção de pequeno porte e vendas a varejo.

Entre os objetivos da Prefeitura de Alvorada, identificados como alinhados com os princípios de sustentabilidade, incluíam-se: qualificação e regularização das atividades construtivas; combate ao déficit habitacional; redução de impactos ambientais; geração de empregos; e elevação da renda média da população.

5.1.2.1 Tipologias habitacionais de Alvorada

Em adição às diretrizes de projeto, que buscou a integração da Casa Alvorada às tipologias e disponibilidade de materiais existentes no Município, foram feitos levantamentos para caracterizar a realidade socioeconômica e a cultura construtiva do local.

Segundo Sperb, Bonin e Sattler (1998), no levantamento das habitações construídas por iniciativas particulares, foram identificados quatro grupos básicos em relação ao nível econômico dos moradores: habitações improvisadas; de baixa renda; de renda média baixa; e de renda média.

Habitações improvisadas

Constataram-se, como características gerais das habitações correspondentes ao nível econômico mais baixo da população, a grande utilização de madeira para vedação das habitações, tanto em paredes quanto em esquadrias, e a utilização de telhas de fibrocimento de 4 mm e lonas plásticas para a cobertura das habitações. Essa categoria se caracteriza como sendo constituída por habitações de caráter provisório ou improvisadas.

Habitações de baixa renda

Nas habitações de baixa renda, observou-se o uso de esquadrias de aço, alumínio e madeira, e o uso de paredes de alvenaria convencional, de blocos cerâmicos ou de madeira. Algumas casas originais em madeira sofreram ampliações em alvenaria convencional de blocos cerâmicos. Os telhados utilizam telhas de fibrocimento, bem como telhas cerâmicas.

Habitações de renda média baixa

Nas habitações de renda média baixa, observaram-se tipologias bem variadas. Neste grupo foram encontrados os mais diversos materiais. Em termos de telhas, foram identificadas tanto telhas cerâmicas quanto telhas de fibrocimento. Nas esquadrias, também se observou a utilização de diversos materiais, como madeira, aço e alumínio. Quanto à vedação de paredes, observou-se o uso de alvenaria convencional bem acabada, em tijolos cerâmicos, assim como de paredes de tábuas de madeira, dispostas no sentido horizontal. Também foram observadas ampliações

de casas originais de madeira com alvenaria convencional de blocos cerâmicos.

Habitações de renda média

Nas habitações de renda média, pode-se notar a predominância de telhas cerâmicas, esquadrias de madeira e paredes de alvenaria convencional.

5.1.2.2 Resultado da análise das tipologias habitacionais

O estudo de Sperb, Bonin e Sattler (1998) concluiu que a introdução de novos materiais e de sistemas construtivos alternativos demandaria muito esforço em estudos de implementação, que poderiam, ademais, não ser aceitos pela população.

Assim, optou-se pela racionalização e pela otimização de um projeto com tecnologia e materiais de construção tradicionais, localmente disponíveis, utilizando o tijolo cerâmico, telhas cerâmicas e madeira para as esquadrias e a estrutura de cobertura, como materiais básicos.

5.1.3 Pressupostos e princípios de projeto

Os materiais disponíveis no município foram avaliados segundo os requisitos de desempenho e de conteúdo energético (energia gasta em sua produção e transporte). Resultaram, assim, os principais pressupostos de projeto da equipe, que foram:

- a) integração da habitação e seu entorno com o ambiente natural;
- b) otimização da capacidade funcional e melhoria das condições do ambiente;

c) compatibilização da proposta com a realidade econômica do município e dos futuros usuários da edificação;

d) integração do projeto com as características do município;

e) utilização de fontes materiais e energéticas renováveis;

f) redução de resíduos; e

g) redução de perdas no processo de construção da habitação.

Princípios de projetos bioclimáticos orientaram a busca da interação entre a habitação, as características físico-geográficas e o clima do local. Nesse sentido, as soluções adotadas buscaram incluir: orientação solar; ventilação cruzada; e sombreamento da edificação. Adicionalmente, foram adotados princípios da permacultura, atentando para a realidade ambiental e utilizando instrumentos como o paisagismo produtivo e a criação de pequenos animais, para a produção local de alimentos; de projetos regenerativos (LYLE, 1994), para orientar a gestão de resíduos (com o uso de leitos de raízes, lagoas com macrófitas e leiras de compostagem); assim como se buscou empregar uma série de ecotécnicas, contemplando a utilização de coletores solares de baixo custo, para aquecimento d'água, coletores de água da chuva, para sua utilização na edificação e na escala do sítio, assim como o uso de materiais localmente disponíveis, buscando-se otimizar a eficiência nos fluxos de materiais e energia de todo o sistema. Ademais, o projeto foi desenvolvido considerando-se a realidade

socioeconômica e a cultura construtiva existente no município de Alvorada, de tal modo que fosse dominada, ou pudesse ser facilmente apreendida, pelos futuros usuários da habitação.

A equipe de projeto buscou, ainda, inspiração em outros pesquisadores e estudiosos do tema de construções sustentáveis, incluindo-se Sachs (1993), que preconiza que uma habitação sustentável deve considerar os seguintes princípios ou estratégias:

- a) ter atenção aos fluxos de materiais e energia, buscando utilizar os recursos específicos de cada região;
- b) compatibilizar as mudanças tecnológicas com os objetivos sociais, econômicos e ecológicos, para satisfazer, primordialmente, as necessidades da comunidade envolvida; e
- c) otimizar as ações empreendidas, buscando, em cada uma delas, a reeducação formal e informal.

5.1.4 Considerações finais

O projeto da Casa Alvorada foi, então, desenvolvido considerando-se a realidade socioeconômico-cultural dos futuros usuários e do município de Alvorada, assim como os recursos locais disponíveis e identificados previamente por Sperb, Bonin e Sattler (1998). Presumindo-se que a população usuária do projeto final desconhecesse os conceitos de sustentabilidade, sobre os quais este trabalho está fundamentado, esta proposta buscou, também, servir como um modelo educacional para informar a outros possíveis demandantes por habitações mais sustentáveis.

As decisões que orientaram a estruturação do programa construtivo do protótipo privilegiaram, na fase de estudo preliminar, a consideração de possibilidades tecnológicas compatíveis com a realidade do local onde se pretendia construir o protótipo, realizada por meio de duas investigações simultâneas:

- a) identificação das condições locais, em relação à disponibilidade e à aceitação de materiais potencialmente utilizáveis na produção das habitações; e
- b) levantamento de alternativas construtivas sustentáveis que contribuíssem para a redução do consumo de materiais e energia, na produção e uso da habitação, e que permitissem a utilização de materiais com ciclos produtivos menos agressivos ao ambiente.

Na fase seguinte do Projeto, objetivou-se não só o desenvolvimento da versão final da unidade habitacional, mas também a sua relação com o entorno, em um lote definido. Esse lote deveria abrigar, além do protótipo da unidade habitacional, as atividades relativas ao Horto Florestal Municipal.

5.2 O Tratamento do lote e seu projeto paisagístico

5.2.1 Introdução

O projeto de paisagismo tratou da área do lote destinado, pela Prefeitura Municipal de Alvorada, à implantação da Casa Alvorada: o Horto Florestal Municipal. A Figura 24 identifica o local escolhido pela Prefeitura de Alvorada para a implantação do Horto.

Esse local se situava em uma parte elevada do município, estando relativamente bem preservado, onde foi possível verificar, à época da visita, a presença de mata nativa terciária. O local reservado ao protótipo se situava à esquerda (e ao fundo) da foto, entre a estrada existente e a mata, à direita, correspondente à extremidade norte do terreno, com uma bela e abrangente visão da cidade.

Considerando a exposição do terreno indicado pela municipalidade para a construção, o seu histórico (anteriormente servira de depósito de resíduos urbanos), a ausência de análises de solo (para fins de produção agrícola) e os recursos escassos disponíveis, a equipe do projeto paisagístico optou por selecionar espécies resistentes a ventos, que possuíssem alta rusticidade e baixo custo, além de exigir pouca manutenção.

5.2.2 O projeto de paisagismo

A intenção do projeto de paisagismo foi a de criar o melhor resultado funcional e plástico possí-

vel, buscando minimizar as despesas de manutenção da vegetação. Os elementos vegetais propostos pelo projeto (Figura 25) desempenhariam, além das funções estéticas e de sombreamento, o importante papel de fornecimento de alimentos. A proposta de paisagismo não tinha a pretensão de esgotar as inúmeras possibilidades de cultivo de vegetação no local, e, sim, ser o ponto de partida para que a administração municipal se apropriasse do local e introduzisse as espécies vegetais que mais lhe conviessem.

Ademais, conforme se pode observar na mesma figura, foram previstas, além de uma unidade básica, mais duas unidades. Isso foi apresentado como uma sugestão, dadas as possibilidades do local, que apresentava disponibilidade de espaço, para definir um pequeno centro demonstrativo de tecnologias habitacionais, onde a municipalidade, com ou sem a colaboração do NORIE, pudesse oferecer à população propostas construtivas e arquitetônicas, distintas em termos de alternativas àquela que lhe seria oferecida pelo NORIE.



Figura 24 – Área onde seria implementado o Horto Florestal Municipal



Figura 25 – Proposta paisagística para a área do Horto Florestal

5.2.2.1 Espécies propostas para o paisagismo

O projeto de paisagismo foi planejado para ser implantado em etapas, a fim de diluir os custos de execução ao longo do tempo, na busca dos resultados desejados. O prazo de implantação foi ajustado ao cronograma da obra e à viabilidade financeira da municipalidade.

Pomar

A sugestão de espécies foi orientada pelas funções previstas para o local. Assim, duas áreas foram definidas: aquela onde se propunha implantar o pomar e cobertura vegetal rasteira, e outra onde seriam plantadas espécies hortícolas, árvores, arbustos e forrações. Visou-se, dessa maneira, otimizar o manejo e os custos correspondentes à implantação da vegeta-

ção. A Figura 26 apresenta um corte do terreno, identificando as espécies propostas para o projeto paisagístico, assim como uma caracterização simplificada da topografia do terreno. À esquerda, observa-se a proposta de localização das unidades prototípicas. As indicações constantes nessa figura, somadas àquelas constantes na Figura 25, possibilitariam a localização de eventuais unidades habitacionais adicionais.

Em toda a área do pomar, o projeto propunha a semeadura de um consórcio de leguminosas e gramíneas. Após o plantio das árvores na área em questão, proceder-se-ia ao plantio da cobertura vegetal rasteira. Essa consorciação garantiria a cobertura do solo de forma permanente, permitindo o pisoteio dos usuários, com baixo custo de implantação e manutenção.

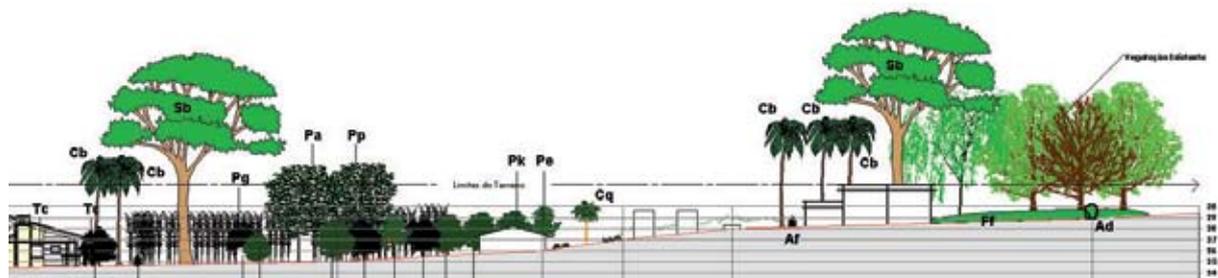


Figura 26 – Indicação das espécies propostas no perfil do terreno

POMAR			
Código	Nome comum - Nome científico	Unidade	Quantidade
Pa	Abacateiro A - <i>Persea americana</i>	un.	2
Pb	Abacateiro B - <i>Persea americana</i>	un	1
Pc	Ameixeira - <i>Prunus domestica</i>	un.	3
Pd	Bananeira - <i>Musa sapientium</i>	un.	15
Pe	Bergamoteira - <i>Citrus reticulata</i>	un.	3
Pf	Caquizeiro - <i>Dispyros kaki</i>	un.	1
Pg	Goiabeira - <i>Psidium guayava</i>	un.	3
Pi	Laranjeira - <i>Citrus sinensis</i>	un.	3
Pj	Limoeiro - <i>Citrus limon</i>	un.	3
Pk	Macieira - <i>Malus domestica</i>	un.	3
Pl	Mamoeiro - <i>Carica papaya</i>	un.	15
Pm	Pitangueira - <i>Eugenia uniflora</i>	un.	2
Pn	Pereira - <i>Pirus communis</i>	un.	2
Po	Pessegueiro - <i>Prunus persica</i>	un.	1
Pq	Amoreira - <i>Morus nigra</i>	un.	1

Quadro 6 – Relação das frutíferas propostas

Plantio de árvores, arbustos e forrações

A proposta foi a de criação de massas de vegetação arbórea e arbustiva. Esses maciços constituiriam árvores perenes e caducifólias, a fim de proporcionar sombra no verão e insolação no inverno.

Propunha-se que, no início da execução da obra arquitetônica, deveria ser observada, sempre que possível, a remoção de terra dos locais onde haveria compactação, danificação ou aterramento. Armazenar-se-ia a terra preta de boa qualidade, para posterior utilização, misturando-a com outros tipos de solo. O projeto aconselhava, também, a pesquisa de fontes de com-

postos orgânicos (incluindo-se resíduos industriais), de preferência aqueles localizados próximo ao local de implantação.

Cada árvore ou arbusto isolado deveria ter, ao seu redor, uma taipa circular, com um diâmetro interno igual à largura da cova, que, nos primeiros anos, teria por finalidade manter as águas de irrigação, assim como de toda e qualquer adubação que viesse a ser realizada. Durante o período inicial, a taipa deveria permanecer livre de vegetação indesejada. Para evitar a brotação de invasoras, ao redor das mudas, e manter a umidade, sugeria-se colocar uma camada de *mulch*².

ÁRVORES DE SOMBRA			
Código	Nome comum - Nome científico	Unidade	Quantidade
Sa	Ipê-amarelo - <i>Tabebuia crhisotricha</i>	un.	2
Sb	Jacarandá-mimoso - <i>Jacaranda mimosaefolia</i>	un.	2
Sc	Sibipiruna - <i>Caesalpineia peltophroides</i>	un.	2
Sd	Tipuana - <i>Tipuana tipu</i>	un.	2
PALMEIRAS			
Ca	Butiá - <i>Butia capitata</i>	un.	3
Cb	Gerivá - <i>Arecastrum romanzoffianum</i>	un.	9

Quadro 7 – Relação das árvores propostas

² Cobertura morta (restos de vegetação, jornais usados, palha, etc.).

ARBUSTOS		
Código	Nome comum - Nome científico	Quantidade
Aa	Azaléa - <i>Azalea indica</i>	10
Ab	Jasmim-manacá - <i>Brunfelsia uniflora</i>	3
Ac	Lantana - <i>Lantana camara</i>	24
Ad	Mimo-de-vênus - <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	100
Ae	Bambu, taquara - <i>Phillostachys aurea</i>	25
Af	Ave-do-paraíso - <i>Strelizae reginae</i>	6

Quadro 8 – Relação de arbustos propostos

TREPADEIRAS		
Código	Nome comum - Nome científico	Quantidade
Ta	Maracujá - <i>Passiflora alata</i>	15
Tb	Quiuí - <i>Actinidia chinensis</i>	15
Tc	Uva - <i>Vitis spp.</i>	25
Td	Vagem - <i>Phaseolus vulgaris</i>	30

Quadro 9 – Relação das trepadeiras propostas

FORRAÇÕES		
Código	Nome comum - Nome científico	Quantidade
Fa	Azevém - <i>Lolium multiflorum</i>	180 m ²
Fb	Ervilhaca, vica - <i>Vicia sativa</i>	270 m ²
Fc	Lírio-amarelo - <i>Hemerocallis flava</i>	400 mudas
Fd	Copo-de-leite - <i>Zantedeschia aethiophica</i>	300 mudas
Fe	Lírio-do-brejo - <i>Hedichium spp.</i>	300 mudas
Ff	Vedélia - <i>Wedelia paludosa</i>	3.300 mudas
GRAMA		
Ga	Grama-de-campo - <i>Cynodon sp.</i>	800 m ²

Quadro 10 – Relação das forrações propostas

Sugeriria-se que, depois de concluídos os serviços de preparo do terreno, este recebesse uma cobertura de leivas, rolos de grama ou mudas. Propunha-se a espécie de grama *Axonopus sp.*, grama-sempre-verde, ou *Cynodon sp.*, grama-de-campo.

5.2.2.2 Sistemas permaculturais³

Horta-mandala

A seleção das plantas para a horta permacultural, também conhecida como horta-mandala, visava suprir um exemplo de horta propiciadora de uma dieta saudável aos futuros usuários da edificação e foi orientada pela busca de um cardápio básico e

variado, com espécies hortícolas de fácil cultivo e resistentes. A distribuição das mudas nos canteiros deveria localizar, nas margens dos caminhos, as ervas culinárias e medicinais, pois são continuamente podadas para o uso e devem estar em acesso próximo e direto para o usuário. O projeto sugeria uma linha de hortaliças a ser plantada em faixas estreitas, incluindo todas aquelas verduras que requerem colheita constante. Em primeiro lugar, nas bordas dos caminhos: as alfaces, brócolis, pimentões, couves, cebolas e espinafre; seguidos de beringelas, tomates, quiabos, pimentas, cenouras e feijões. Uma proposta de horta-mandala é apresentada na Figura 27.

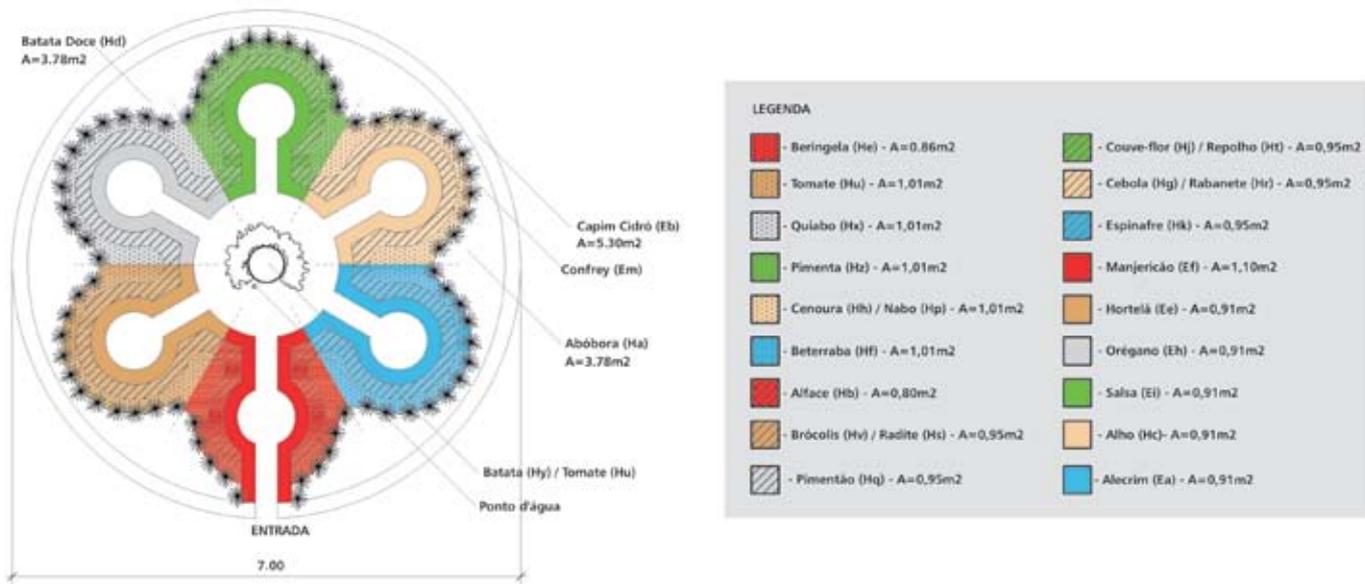


Figura 27 – Caracterização da horta-mandala

³ A “permacultura” é um sistema de planejamento para a criação de ambientes humanos que têm a resiliência e a estabilidade dos ecossistemas naturais, que são ecologicamente viáveis, suprem suas próprias necessidades, não exploram ou poluem e são sustentáveis em longo prazo (MOLLISON, 1998).

HORTA		
Código	Nome comum - Nome científico	Quantidade
Há	Abóbora - <i>Cucurbita moschata</i>	70
Hb	Alface - <i>Lactuca sativa</i>	50
Hc	Alho - <i>Allium sativum L.</i>	80
Hd	Batata-doce - <i>Ipomea batatas</i>	80
He	Beringela - <i>Solanum melongena</i>	7
Hf	Beterraba - <i>Beta vulgaris</i>	50
Hg	Cebola - <i>Allium cepa</i>	25
Hh	Cenoura - <i>Daucus carota</i>	50
Hi	Chuchu - <i>Sechium edule</i>	15
Hj	Couve - <i>Brassica oleracea var. acephala</i>	20
Hk	Espinafre - <i>Spinacia oleracea</i>	40
HI	Fórmio - <i>Phormium tenax</i>	3
Hm	Girassol - <i>Helianthus sp.</i>	30
Hn	Melancia - <i>Citrillus vulgaris</i>	40
Ho	Milho - <i>Zea mays</i>	30
Hp	Nabo - <i>Brassica napus</i>	30
Hq	Pimentão - <i>Capsicum annum</i>	10
Hr	Rabanete - <i>Raphanus sativus</i>	30
Hs	Radite - <i>Eruca sativa</i>	20
Ht	Repolho - <i>Brassica oleracea</i>	20
Hu	Tomate - <i>Lycopersicum esculentum</i>	16
Hv	Brócolis - <i>Brassica oleracea var. italica</i>	30
Hx	Quiabo - <i>Hibiscus esculentos</i>	16
Hz	Pimenta-malagueta - <i>Capsicum frutencens</i>	20

Quadro 11 – Relação das plantas propostas para a horta-mandala

Sugeria-se, ainda, misturar os plantios de forma concentrada, de acordo com as necessidades das plantas companheiras (que auxiliam umas às outras no seu desenvolvimento). Dessa forma, existiria um controle melhor de insetos, com as plantas se auxiliando mutuamente.

Atrás dessas faixas, o projeto aconselhava plantar, em canteiros largos, outras culturas. É aí que se introduziriam as abóboras. Capim-cidreira (cidró) e confrei seriam plantados à volta de todo o perímetro da mandala, em duas faixas densas. Essa combinação criaria uma barreira para gramíneas invasoras, insetos e até mesmo cobras. Com a passagem do tempo, os materiais se decompõem e a profundidade do *mulch* começa a diminuir. As bananeiras, o confrei e o cidró são, então, utilizados para adicionar mais *mulch* e nutrientes ao solo. Pequenos galhos são podados, folhas de bananeira e de confrei são cortadas e picadas em pequenos pedaços, e o cidró recebe uma poda severa.

Espiral de ervas

A espiral de ervas constitui outro elemento permacultural que busca criar condições adequadas para o desenvolvimento vegetal, a partir da criação de microclimas e de condições de solo apropriadas a cada espécie, com condições de acessibilidade adaptadas ao usuário. Assim, aquelas plantas que requerem maior incidência de radiação solar são situadas no lado norte da espiral, enquanto as mais sensíveis são localizadas no lado sul. As que requerem um solo mais úmido são localizadas na base da

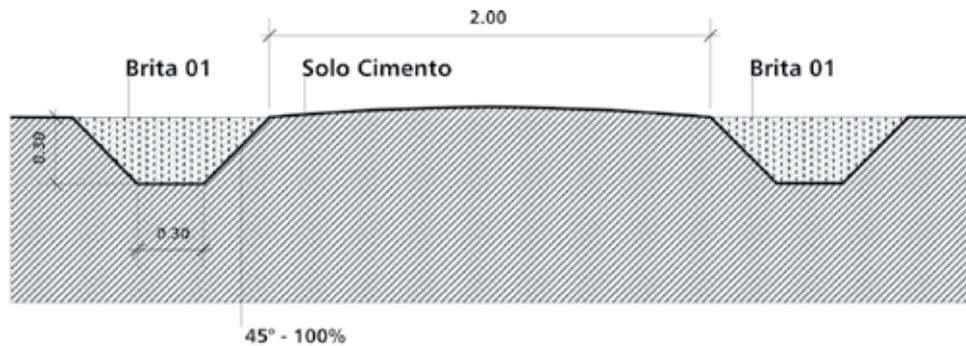
espiral, enquanto as mais adaptadas a um solo seco são localizadas em seu topo. As dimensões da espiral de ervas são estabelecidas de modo a permitir o fácil acesso às diversas espécies e, portanto, são adaptadas às particularidades físicas e à flexibilidade de cada usuário.

Galinheiro

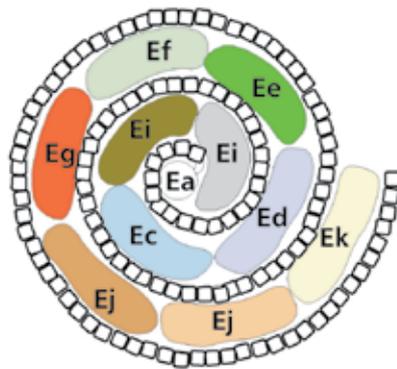
O projeto de sistemas permaculturais sugere que a área onde circulam as galinhas seja dividida em quatro piquetes, de forma que as galinhas, ali permanecendo por determinado período, possam limpar, adubar e arar o solo para as culturas posteriores.

Em um primeiro piquete podem ser plantados trevo e milho; no segundo, trevo e girassol; e no terceiro piquete, mucuna. As galinhas, em um primeiro momento, ficarão durante o dia no quarto piquete, realizando uma atividade de melhoramento do solo (escarificação e adubação), enquanto, por exemplo, a cultura de mucuna é plantada no terceiro piquete. Posteriormente, as aves passarão para o piquete contendo trevo e milho, dando continuidade à sua atividade de regeneração do solo, crescendo, pondo ovos, enfim, formando um ciclo contínuo de atividade.

A Figura 29 mostra um espaço alternativo para a permanência das galinhas, enquanto elas não estiverem circulando livremente. Esse espaço também conjuga uma série de funções complementares (calor das galinhas aquecendo as plantas, galinhas fertilizando o solo, plantas suprimindo alimentos, plantas protegendo as galinhas de insolação intensa, etc.).



Detalhe - PAVIMENTAÇÃO ÁREA RESIDENCIAL



PLANTA BAIXA



VISTA

Detalhe - ESPIRAL DE ERVAS

LEGENDA

-  - Ek - Tagetes (*Tagetes* sp.) - A=0,12 m²
-  - Ej - Sálvia (*Salvia officinalis*) - A=0,12 m²
-  - Ej - Sálvia (*Salvia officinalis*) - A=0,11 m²
-  - Eg - Melissa (*Melissa officinalis*) - A=0,11 m²
-  - Ef - Manjeriço (*Ocimum basilicum*) - A=0,11 m²
-  - Ee - Hortelã - (*Mentha sativa*) - A=0,11 m²
-  - Ed - Funcho (*Foeniculum vulgare*) - A=0,11 m²
-  - Ec - Cebolinha (*Allium schoenoprasum*) - A=0,11 m²
-  - Ei - Salsa (*Petroselinum crispum*) - A=0,09 m²
-  - Ei - Salsa (*Petroselinum crispum*) - A=0,09 m²
-  - Ea - Alecrim - (*Rosmarinus officinalis*) - A=0,02 m²

Figura 28 – Caracterização da espiral de ervas

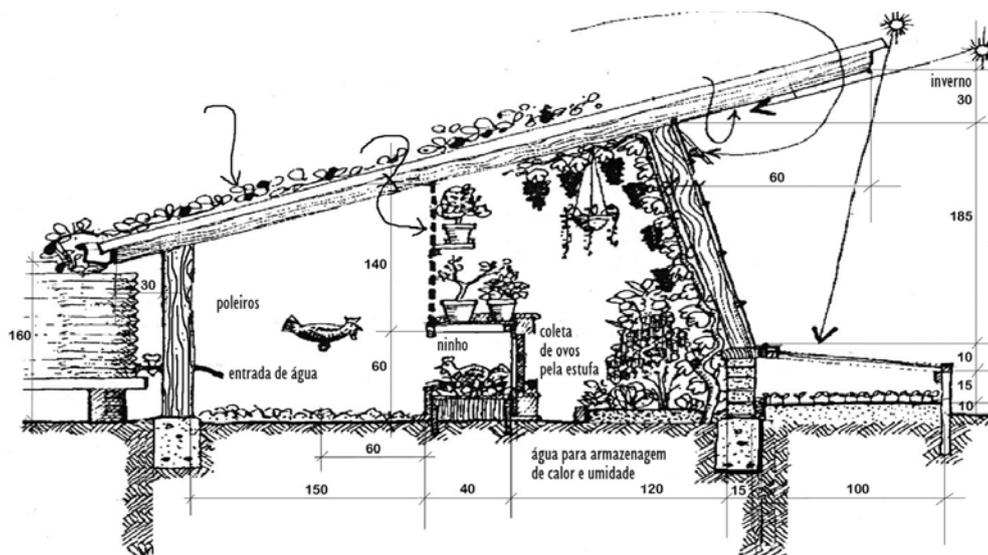


Figura 29 – Proposta de um espaço funcional para o abrigo das galinhas
Fonte: Mollison (1998)

ESPIRAL DE ERVAS		
Código	Nome comum - Nome científico	Quantidade
Ea	Alecrim - <i>Rosmarinus officinalis</i>	6
Eb	Capim-cidrô - <i>Cymbopogon citratus</i>	15
Ec	Cebolinha - <i>Allium schoenoprasum</i>	5
Ed	Funcho - <i>Foeniculum vulgare</i>	3
Ee	Hortelã - <i>Mentha sativa</i>	23
Ef	Manjerição - <i>Ocimum basilicum</i>	13
Eg	Melissa - <i>Melissa officinalis</i>	5
Eh	Orégano - <i>Origanum majorana</i>	23
Ei	Salsa - <i>Petroselinum crispum</i>	40
Ej	Sálvia - <i>Salvia officinalis</i>	7
Ek	Tagetes - <i>Tagetes sp.</i>	6
El	Tomilho - <i>Thymus vulgaris</i>	10
Em	Confrei - <i>Symphytum officinale</i>	20

Quadro 12 – Relação de plantas propostas para a espiral de ervas

Tonel de batatas

As batatas poderão ser plantadas em uma pequena área, usando um tonel, uma caixa de madeira ou, mesmo, pneus de veículos. As batatas são colocadas sobre um apoio de *mulch*, dentro do tonel, com *mulch* por cima. À medida que as batatas brotam e crescem, mais *mulch* é empilhado por cima, até que os topos verdes estejam acima da beira do tonel. Dessa forma, as batatas surgem da haste coberta e são apanhadas mais facilmente do que quando plantadas em solo duro.

Círculo de bananeiras

O círculo de bananeiras permite, por meio de um plantio em círculos e da acumulação de matéria orgânica (compostagem) em seu centro, aumentar a produtividade e facilitar a irrigação dos plantios localizados na sua borda.

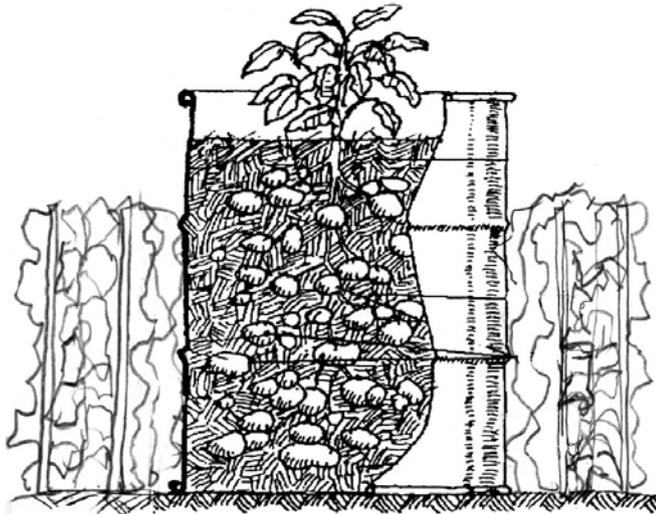


Figura 30 – Tonel de batatas
Fonte: Mollison (1998)

No buraco cavado, de 1 m de profundidade, primeiro, são colocados troncos; em segundo lugar, galhos; e, por último, folhas e outros materiais orgânicos de menor dimensão. Com o passar do tempo, há a necessidade de colocação de mais matéria orgânica, substituindo aquela colocada anteriormente, à medida que ela for se decompondo.

Controle de pragas e moléstias

Quando for observada grande incidência de alguma praga ou moléstia, é indicado consultar um técnico especializado, para orientação da prática a ser adotada. Sugere-se buscar sempre métodos que favoreçam e estimulem o controle biológico entre as espécies daninhas.

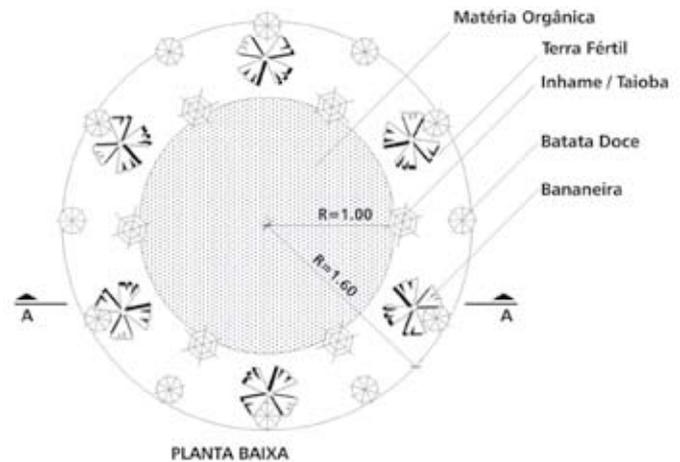


Figura 31 – Círculo de bananeiras

5.2.3 Considerações finais

O projeto de paisagismo foi orientado, tanto quanto possível, por princípios permaculturais. A Figura 25 permite verificar que o projeto paisagístico incluiu uma proposta de *layout* para toda a área do Horto. A equipe de projeto da LECS, do NORIE, com base em informações fornecidas por técnicos da Prefeitura, desenvolveu um projeto que, além de contemplar as propostas para o entorno do protótipo, atendessem às funções previstas para o Horto Florestal Municipal, desejado pela municipalidade.

5.3 O Projeto da unidade habitacional

5.3.1 Introdução

Conforme já referido anteriormente, a partir do convênio inicial firmado entre o NORIE/UFRGS e a Prefeitura Municipal de Alvorada, em dezembro de 1997, decidiu-se aproveitar a oportunidade para estender o projeto de pesquisa à construção de um protótipo, a **Casa Alvorada**, que consolidaria os princípios e idéias gerados no Concurso Internacional de Idéias, realizado em 1995. Salienta-se que o objetivo de construção do protótipo não era o de estabelecer um modelo a ser reproduzido, posteriormente, em larga escala, mas, sim, uma edificação cuja função principal seria a de testar, junto ao cotidiano das pessoas, alternativas tecnológicas sustentáveis, capazes de preservar o meio ambiente e de, simultaneamente, proporcionar bem-estar (COSTA FILHO; BONIN; SATTTLER, 2000).

Nesse sentido, para a elaboração desse protótipo, buscou-se, a partir dos resultados alcançados no Concurso Internacional de Idéias, definir detalhes e especificações aplicáveis à realidade local. Com a construção de um protótipo, pretendia-se criar um modelo, em escala real, que facilitasse a comunicação entre projetistas e futuros usuários das habitações, a fim de testar e avaliar as alternativas tecnológicas, possibilitando monitorar as tecnologias implementadas e avaliar as respostas dos usuários. Segundo Sattler et al. (1998), esperava-se “confirmar a eficácia das tecnologias escolhidas e sua apropriação pelos futuros usuários, superando o vício da substituição do ponto de vista dos usuá-

rios pela presumida capacidade dos técnicos projetistas de reproduzirem sua opinião”. Além disso, desejava-se tornar o protótipo um local de discussão de estratégias para a preservação ambiental com a comunidade local e de difusão de tecnologias sustentáveis para a habitação.

Produtos

No desenvolvimento do protótipo da Casa Alvorada foram definidos os seguintes produtos:

- a) projeto arquitetônico;
- b) detalhamento construtivo;
- c) memorial descritivo;
- d) utilização de entulho de construção como agregado para a produção de concreto; e
- e) orçamento dos materiais de construção.

O orçamento se refere a dados obtidos em outubro de 1999, devendo ser atualizados de acordo com os preços em vigor na oportunidade de uma eventual execução.

Na quantificação de materiais, aqueles referentes à produção de concreto (cimento, areia, brita) foram obtidos de maneira genérica, devendo-se na execução do protótipo realizar a caracterização dos materiais e a posterior dosagem do concreto.

5.3.2 Diretrizes e estratégias de projeto

As diretrizes gerais, adotadas para a concepção do protótipo, foram as seguintes (SATTTLER et al., 2000; COSTA FILHO; BONIN; SATTTLER, 2000):

- a) otimização da capacidade funcional da habi-

tação, transferindo para um segundo momento a avaliação dos seus custos;

b) especificação de materiais de construção alinhados com princípios de sustentabilidade, priorizando aqueles materiais com o menor impacto ambiental possível, assim como aqueles disponíveis localmente;

c) inclusão, no projeto, de relações espaciais, que permitam a utilização da habitação por pessoas portadoras de deficiências físicas e/ou idosos;

d) utilização de princípios da arquitetura bioclimática, para produzir espaços com um grau de habitabilidade otimizado, com mínima, ou nenhuma, dependência de sistemas ativos de resfriamento ou aquecimento;

e) utilização de tecnologias que possam ser facilmente assimiladas pelos futuros usuários, de modo a possibilitar processos de autoconstrução;

f) projeto do protótipo considerando os condicionantes climáticos do local onde ele vier a ser construído;

g) previsão de um ambiente que possibilite o desenvolvimento de atividades geradoras de renda, no programa de necessidades da habitação; e

h) desenvolvimento do projeto, de modo a possibilitar ampliações e remanejamento de espaços.



Figura 32 – Perspectiva da Casa Alvorada

O protótipo foi concebido de acordo as seguintes estratégias:

a) arquitetura solar passiva;

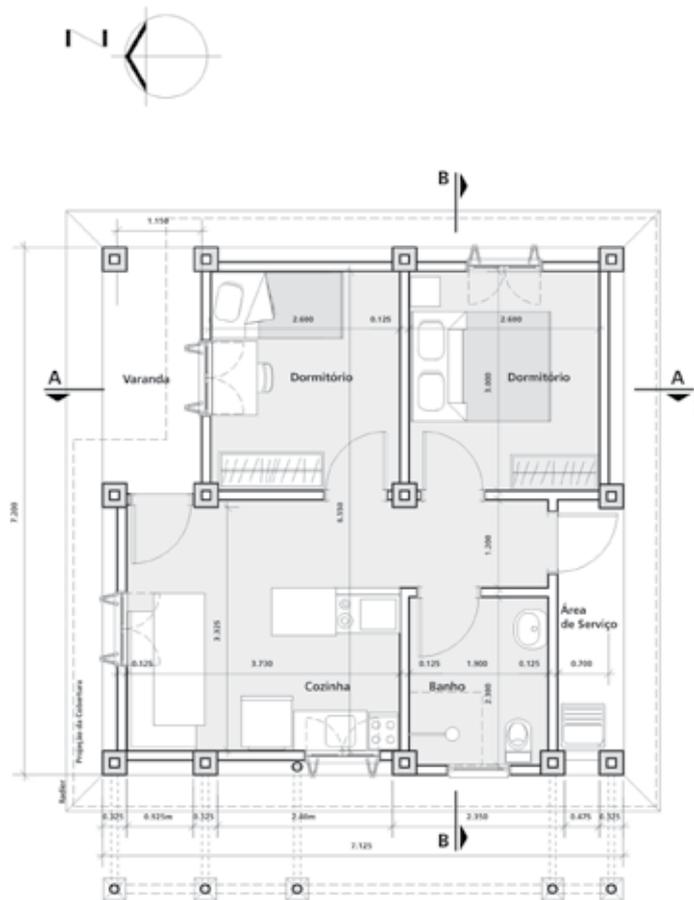
b) coletor solar de baixo custo, para aquecimento de água;

c) níveis de isolamento térmico para telhados, paredes e pisos, adequados à realidade climática local e à condição econômica dos futuros usuários;

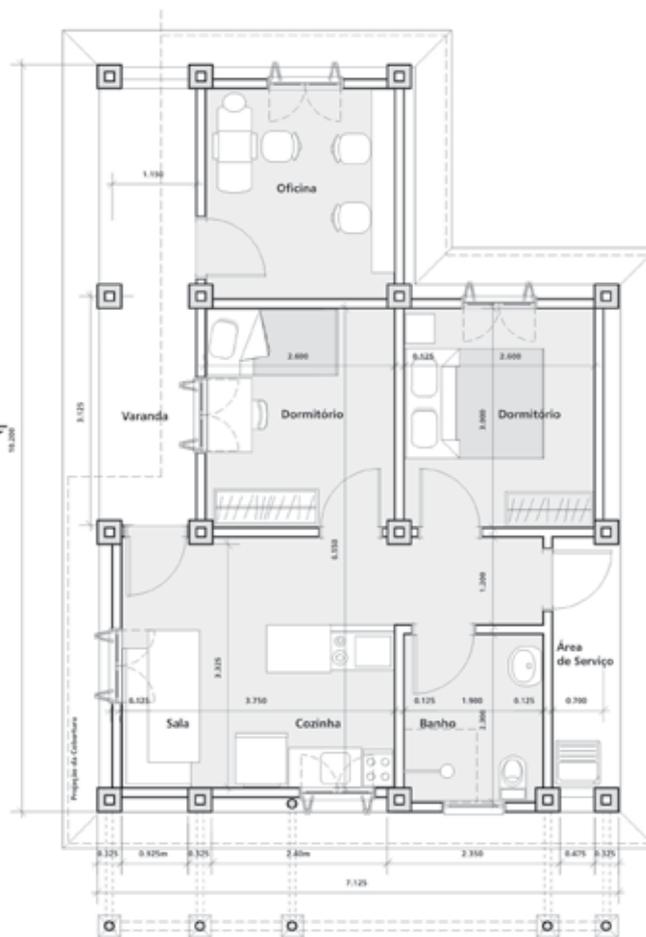
d) uso de pinturas e produtos preservativos não tóxicos, para madeiras;

e) prioridade ao uso de materiais locais e à reutilização, ou reciclagem, de materiais de demolição;

f) uso de vegetação, tanto para sombreamento como para a produção de alimentos (paisagismo produtivo);



PLANTA BAIXA - Lay-Out 02 - Esc.: 1:50



PLANTA BAIXA - Lay-Out 03 - Esc.: 1:50

Figura 33 – Planta Baixa do protótipo habitacional Alvorada (com sua versão de ampliação à direita)

- g) uso de secador de alimentos (folhas e frutos) e de composteira;
- h) utilização de fogão a lenha, para cozinhar e, ao mesmo tempo, aquecer o ambiente interior nos períodos frios;

- i) sistema de coleta e reutilização de água de chuva, para descarga do vaso sanitário, assim como para irrigação de jardim;
- j) tratamento local de esgoto doméstico;

k) uso de elementos e componentes passíveis de autoconstrução; e

l) distribuição dos espaços internos, de modo a permitir a acessibilidade universal a todos os ambientes.

5.3.3 Propostas para a Casa Alvorada

Para a Casa Alvorada foi definido um programa de necessidades típico de uma habitação voltada a uma pequena família, totalizando 48,50 m² de área construída, incluindo dois dormitórios, sala e cozinha integradas, banheiro, área de serviço e área de entrada (Figuras 32 e 33), com possibilidades de ampliação futura, mediante um compartimento localizado junto à fachada leste, também conforme a Figura 33. Esta seção analisa apenas a proposta simplificada.

Como o projeto prevê técnicas passivas de controle ambiental, durante a fase de concepção, foram considerados dados como a trajetória solar e a direção de ventos mais frequentes, determinantes da orientação da fachada principal e da localização das aberturas da edificação.

92

A partir da análise dos dados coletados, a elaboração do projeto da Casa Alvorada foi dividida nas seguintes etapas:

- a) definição do partido arquitetônico;
- b) definição de materiais a serem utilizados na construção;
- c) escolha das técnicas construtivas e cálculo estrutural; e
- d) detalhamento construtivo.

5.3.4 Definição do partido arquitetônico

A intenção de utilização de técnicas passivas de controle térmico, na edificação, determinou boa parte das soluções do partido arquitetônico, tendo para isso sido considerados dados importantes, como a orientação da edificação em relação ao sol, aos ventos predominantes e à vegetação de entorno. A previsão de utilização de sistemas de aproveitamento de energia solar, de água da chuva e de tratamento local de esgoto doméstico, nesta proposta, também foi determinante na escolha do partido, que foi definido mediante análise detalhada dos condicionantes técnicos, que envolvem cada um dos sistemas adotados.

Assim, os planos de cobertura da edificação foram orientados, primordialmente, de forma a diminuir a densidade de radiação solar sobre ela incidente, tendo sido definidas duas águas: a primeira, voltada para o norte, foi concebida de modo a permitir a instalação de um sistema de aquecimento de água, através de coletores solares (Figura 34); e a segunda, orientada para o sul, englobando a maior parte da cobertura, para viabilizar a captação de água de chuva.

A divisão da cobertura em duas águas orientou a concepção de aberturas na parede intermediária, com janelas basculantes, para que o fluxo de ar dentro da edificação fosse conduzido pelo “efeito chaminé”. Assim, à medida que o ar no interior da edificação se aquecesse, tenderia a subir, concentrando-se nas camadas mais altas e aí estabelecendo um aumento de pressão, que poderia, então, ser escoado se as janelas estivessem abertas.

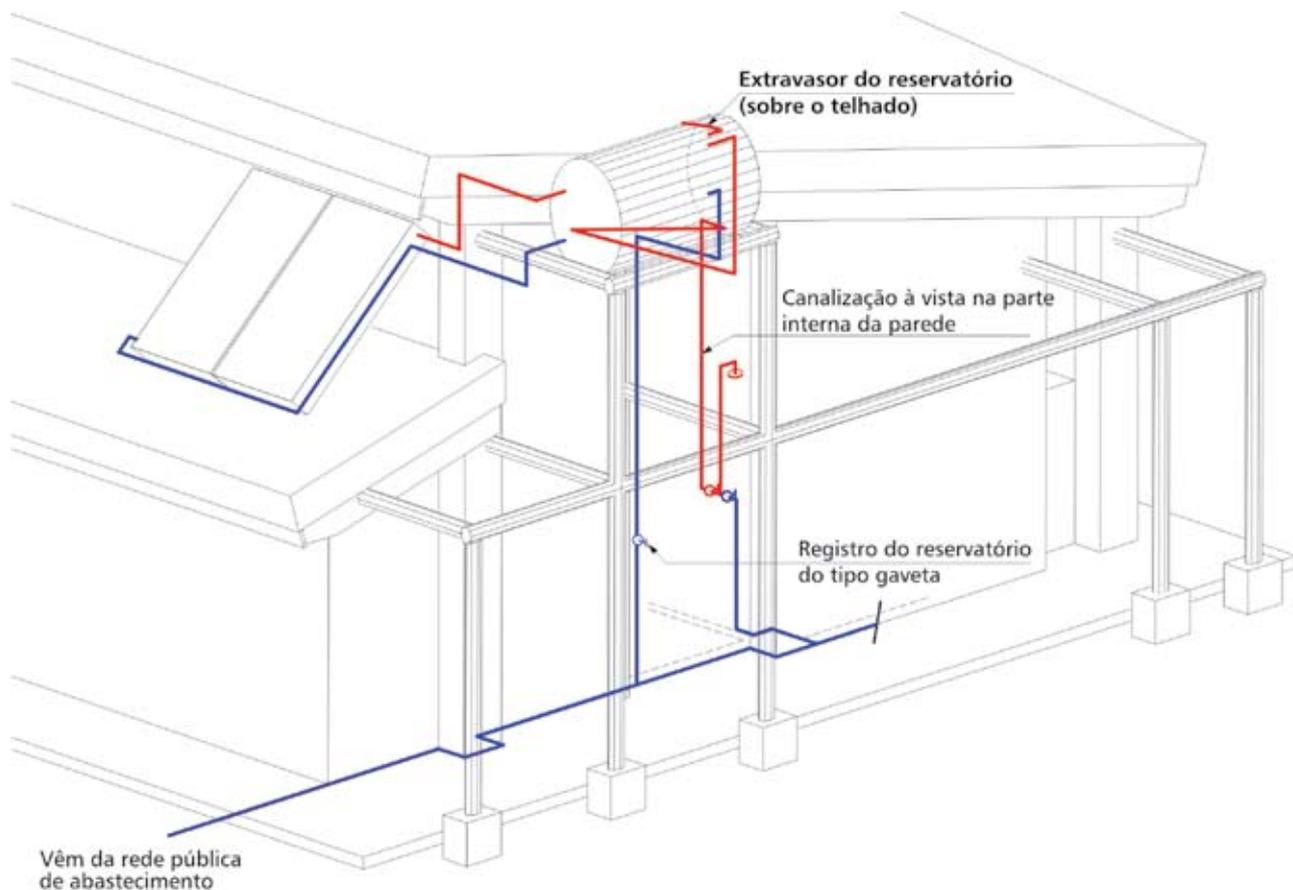


Figura 34 – Implantação do coletor solar, com a rede hidráulica proximal

Para permitir a acessibilidade universal a todos os ambientes, a Casa Alvorada foi concebida sem degraus, com portas de 80 cm de largura. A área do banheiro foi projetada de modo a permitir a circulação de uma cadeira de rodas. O *layout* da casa foi pensado de forma a permitir o uso da casa, também, como centro de difusão de tecnologias mais susten-

táveis e, ainda, possibilitar a sua ampliação para uma área de trabalho.

Para o controle da incidência de calor sobre a parede oeste, foi previsto um revestimento externo mais claro, além da utilização de um pergolado com vegetação caducifólia (Figura 35). A face sul previa, também, um revestimento, mas com a finalidade de

prevenção de ocorrência de patologias (principalmente associadas à umidade), na orientação mais exposta às intempéries e pouco insolada.

A incidência adequada de luz em todos os ambientes, na face norte, foi contemplada por meio da criação de um novo pergolado. Os quartos foram orientados para leste, para recebimento da radiação solar durante a manhã (em um dos quartos, através da janela voltada para o norte) e manutenção dos níveis de conforto durante a noite (no verão).



94

Figura 35 – Vista da fachada oeste mostrando os pergolados lateral e frontal e o revestimento parcial

5.3.5 Definição dos materiais utilizados na construção

A escolha dos materiais para a execução do protótipo da unidade habitacional, conforme já assinalado, foi definida a partir de um estudo de materiais de construção existentes, realizado no município de Alvorada. Segundo Sperb, Bonin e Sattler (1998), os

pré-requisitos de sustentabilidade para os materiais de construção civil são os descritos a seguir.

Pequenas distâncias de transporte

No Rio Grande do Sul existe um grande número de olarias, distribuídas por todo o Estado, sendo a maioria de pequeno porte. Essa distribuição dos locais de produção de materiais cerâmicos determina a diminuição de deslocamentos para transporte, ao mesmo tempo em que contribui para a *sustentabilidade* econômica dos municípios onde se localizam. A preocupação com essa economia de energia é necessária na medida em que, em alguns casos, a energia consumida nos diversos deslocamentos até que o material de construção, em sua forma final, chegue à obra pode representar grande parte da energia total incorporada a ele. No Brasil os impactos ambientais relacionados a deslocamentos são ainda mais relevantes devido ao disseminado uso de combustíveis fósseis, o que representa o consumo de um recurso não renovável, aliado à intensificação de emissões de dióxido de carbono e do conseqüente efeito estufa.

Baixo conteúdo energético

Os materiais de construção determinam impactos ambientais na medida em que são grandes consumidores de recursos naturais, tanto na forma de matérias-primas extraídas como na forma de energia. O consumo de energia ocorre nas etapas de extração da matéria-prima, produção do produto, montagem em obra e nos deslocamentos realizados em todo o processo, até que o material de construção cumpra o seu papel funcional na edificação. Deve ser

considerado, também, o consumo de energia relacionado à manutenção desse material e às atividades de desmonte ou demolição no final da vida útil da edificação. A identificação da origem da energia utilizada nas diversas etapas de produção é fundamental para a quantificação dos reais impactos relacionados ao consumo energético dos materiais de construção.

Elevado grau de renovabilidade ou elevado potencial de reciclabilidade

O Projeto contemplou, também, um estudo da viabilidade de utilização de entulho de obra, como agregado reciclado, para a produção de concreto na execução do protótipo da unidade habitacional.

Para a escolha dos materiais de construção, para a execução do protótipo da Casa Alvorada, foram definidos alguns critérios:

- a) uso de materiais produzidos na região;
- b) redução do consumo de materiais ambientalmente inadequados (poluentes, tóxicos ou de alto conteúdo energético);
- c) consideração da cultura de construção local;
- d) consideração da qualidade da mão-de-obra disponível localmente, predominantemente não especializada; e
- e) consideração das condições de clima de Alvorada (semelhantes às de Porto Alegre), visando ao máximo aproveitamento da capacidade dos materiais empregados e das soluções construtivas adotadas, para otimizar níveis de conforto no interior da habitação.

A adoção de tijolos cerâmicos, como principais elementos de vedação vertical, e de telhas cerâmicas na cobertura da Casa Alvorada considerou, além do desempenho energético deles, outros fatores relacionados à não-geração de subprodutos tóxicos durante o ciclo de vida e a questões de identidade cultural, conforme estudos realizados por Sperb, Bonin e Sattler (1998). Em relação à eficiência energética desses materiais, dois fatores são relevantes: o caráter local da produção desses elementos; e os tipos de energia que podem ser utilizados na produção deles.

Os materiais de construção foram escolhidos segundo critérios de aceitação do usuário, facilidade de execução e bom desempenho (térmico, acústico, durabilidade). Para as paredes, optou-se pela utilização de alvenaria de tijolos maciços, com grande inércia térmica, visando ao abrandamento das variações de temperatura externa no interior da edificação. A estrutura da cobertura seguiu o mesmo princípio e foi concebida com cinco camadas: telha cerâmica, colchão de ar, chapa de alumínio (*offset* reaproveitado da indústria gráfica), colchão de ar e forro de madeira.

Os materiais escolhidos estão apresentados no Memorial Descritivo.

5.3.6 Escolha das técnicas construtivas e cálculo estrutural

As técnicas construtivas escolhidas, baseadas em materiais não convencionais na construção civil, requereram uma série de verificações quanto à re-

sistência e à durabilidade das soluções, tendo sido estudadas através de cálculos estruturais e melhoramentos do projeto. Buscou-se também neste estudo a economia na quantidade de materiais empregados, a viabilização do uso de ferramentas e equipamentos simples e a utilização de materiais alternativos (por exemplo, madeira de eucalipto no lugar de madeira de lei, para a estrutura do telhado).

5.3.7 Detalhamento construtivo

No detalhamento construtivo foram estudados os pontos críticos da edificação, ocasionados pela escolha de materiais e de algumas técnicas não convencio-

nais, para a execução da edificação, que poderiam vir a causar futuras patologias. O objetivo do detalhamento foi o de otimizar os níveis de conforto dos usuários na edificação, em associação a uma maior durabilidade e soluções que pudessem ser resolvidas em projeto, evitando ainda o uso desnecessário de materiais.

5.3.8 A adequação do projeto da unidade habitacional para uso como um centro de difusão de tecnologias mais sustentáveis

Considerando que o protótipo seria implantado em uma área pertencente ao Horto Florestal do município, a Prefeitura Municipal de Alvorada soli-

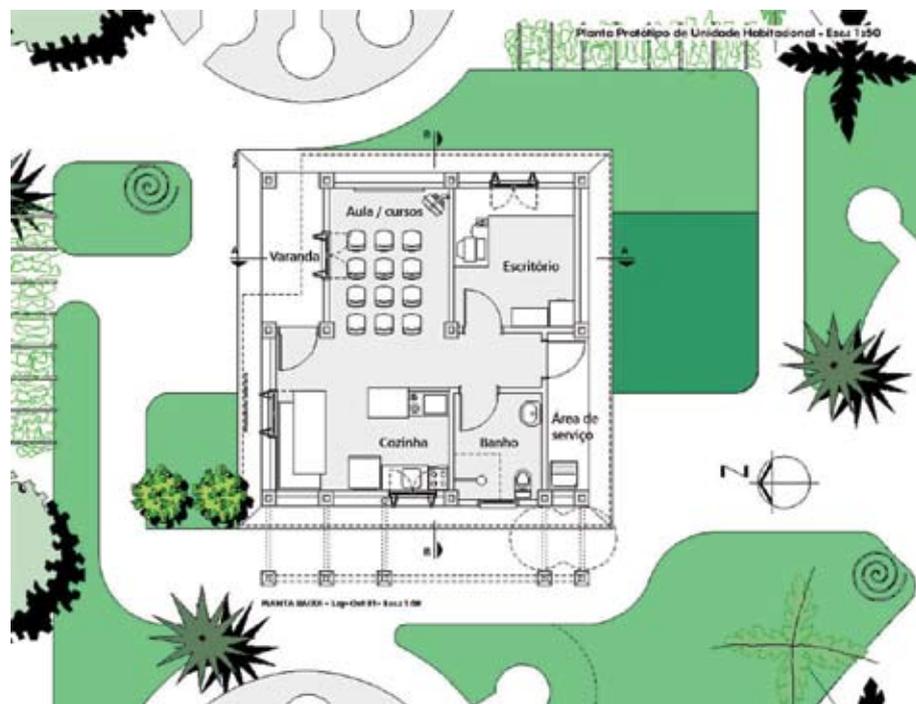


Figura 36 – Adequação do protótipo habitacional, para uso como um centro de difusão de tecnologias mais sustentáveis

citou uma modificação no projeto da edificação, de modo que ela pudesse ser utilizada como um centro de difusão de tecnologias mais sustentáveis. Na Figura 36, pode ser verificado o resultado da adaptação da unidade habitacional.

Assim, considerando a realidade específica de Alvorada, as seguintes diretrizes adicionais orientaram a adaptação da proposta do protótipo para funcionamento como centro:

- a) conjugação da função de centro de difusão de tecnologias sustentáveis com as de um escritório, em uma edificação cujos espaços teriam o *layout* de uma habitação e onde poderiam ser demonstradas tecnologias utilizadas no cotidiano de uma moradia;
- b) integração da edificação e seu entorno imediato com as atividades do Horto Municipal de Alvorada, promovendo a disseminação de práticas permaculturais;
- c) seleção de tecnologias de fácil utilização por usuários típicos da região, para que as capacidades funcionais previstas pudessem ser efetivamente praticadas; e
- d) proposição de um centro que tivesse por base as tipologias habitacionais já praticadas pela população da região, assim como dos materiais de construção produzidos e comercializados localmente, de forma a identificar parâmetros que refletissem as aspirações e identidades da população em relação à moradia.

5.4 A busca por padrões otimizados de conforto ambiental e eficiência energética

Para fins de aperfeiçoamento da proposta preliminar do protótipo habitacional Casa Alvorada foram realizados vários estudos, entre os quais simulação de desempenho térmico, ventilação, análise de iluminação e proteção solar.

5.4.1 Avaliação do desempenho térmico da Casa Alvorada

Para estimar o desempenho térmico de uma edificação é necessário considerar as características do clima do local onde ela será implantada, assim como dos componentes que a integrarão. A ferramenta de análise utilizada foi o programa THEDES, elaborado por Sattler (1986), que permite simular o desempenho térmico de edificações não condicionadas artificialmente.

5.4.1.1 Caracterização do clima local

Os dados climáticos utilizados pelo software foram formatados a partir de tabelas para os dias típicos de Porto Alegre (SATTLE, 1989). Para fins de simulação, foram considerados dias com nível estatístico de ocorrência de 10%, tanto para a situação de verão como para a situação de inverno.

5.4.1.2 Caracterização dos componentes da Casa Alvorada

O programa THEDES simula o desempenho térmico de edificações a partir da inserção de ca-

Componente	Transmitância térmica (W/m ² K)	Admitância térmica (W/m ² K)
Paredes externas sem revestimento	2,9	4,2
Paredes externas com revestimento	2,7	4,7
Paredes internas	-	2,6-3,5
Cobertura	1,2	1,9
Piso	1,1	5,8

Quadro 13 – Transmitâncias térmicas dos componentes externos

racterísticas referentes aos componentes verticais externos, componentes verticais internos, cobertura e piso. A seguir, são apresentadas as características desses componentes e o Quadro 13, com as propriedades térmicas (transmitância e admitância térmica) de componentes, geradas pelo programa THEDES.

Componentes verticais externos - Compreendem paredes, portas e janelas. As paredes são compostas de alvenaria de meio tijolo e pilastras (reforços das paredes), ambas de tijolos cerâmicos maciços, de dimensões 5,5 cm x 11 cm x 23 cm. Algumas paredes receberam revestimento em argamassa, as quais, posteriormente, receberão pintura em cor clara. As portas e janelas são em madeira de *Eucalyptus grandis*, ou assemelhado, tendo as janelas área média de 1 m², onde é usado vidro simples.

Componentes verticais internos - Compreendem paredes e portas, apresentando as mesmas características dos componentes verticais externos.

Cobertura - É composta de duas águas, sendo a maior área da cobertura voltada para a orien-

tação sul, para diminuir a densidade de radiação solar, proveniente da direção norte. A estrutura da cobertura se constitui de cinco camadas: telha cerâmica, colchão de ar, placa metálica reciclada de alumínio, colchão de ar e forro de cerne de cedrinho vermelho. A placa metálica (chapa de *offset* usada) funciona como barreira à radiação térmica, reduzindo significativamente a transmissão de calor pela cobertura.

Piso - É composto de um contrapiso de concreto magro, revestido com peças cerâmicas.

5.4.1.3 Resultados da simulação de desempenho térmico

Foram criados dois arquivos climáticos no programa, um para simular o desempenho no verão, considerando as janelas norte e oeste sombreadas (através do ajuste do fator de ganho solar), e outro no inverno. As Figuras 37 e 38 apresentam os resultados da análise de desempenho térmico da Casa Alvorada para as situações de verão e de inverno.

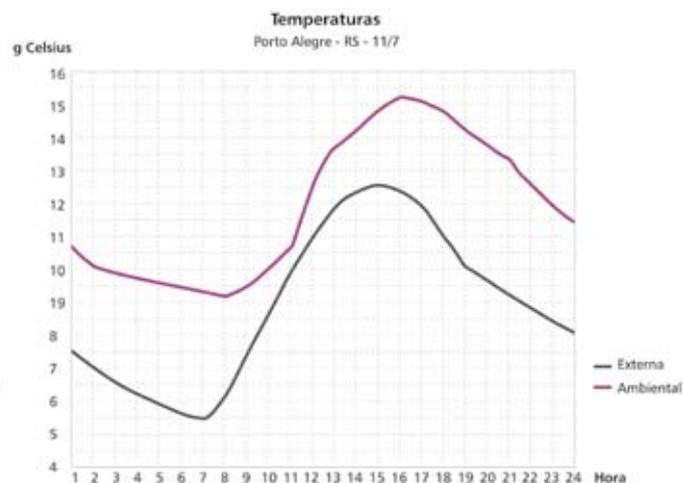
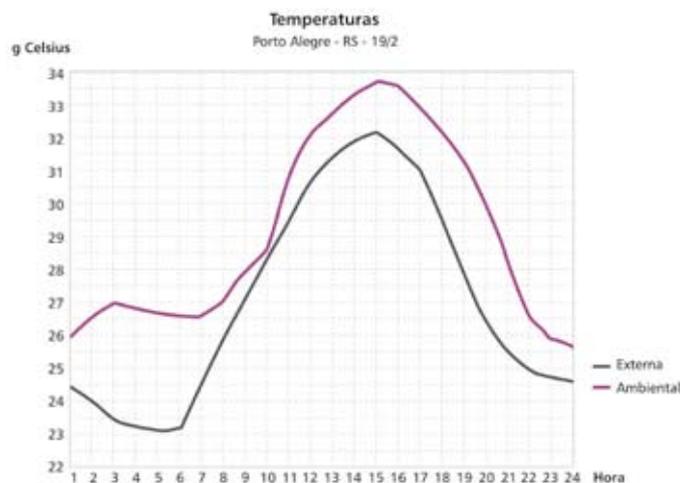


Figura 37 – Relação entre a temperatura do ar externo e a temperatura ambiental interna para a situação de verão (esquerda) e inverno (direita)

A Figura 37 relaciona a temperatura externa do ar com a temperatura ambiental interna. A temperatura ambiental interna (*environmental temperature*) considera, além da temperatura interna do ar, a radiação emitida pelas superfícies internas. Verificou-

se que a temperatura ambiental interna é, em média, 1 °C superior à temperatura do ar interno (expressando ganhos de calor por radiação térmica oriunda da envolvente dos ambientes).

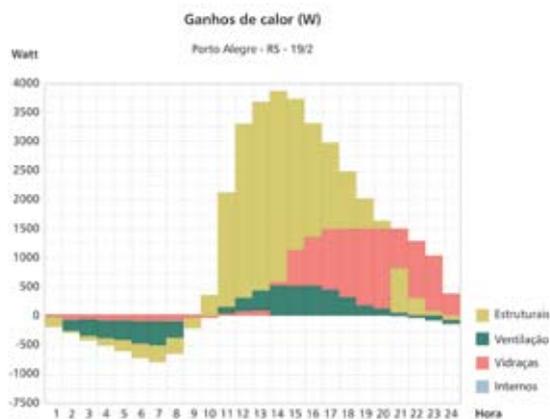
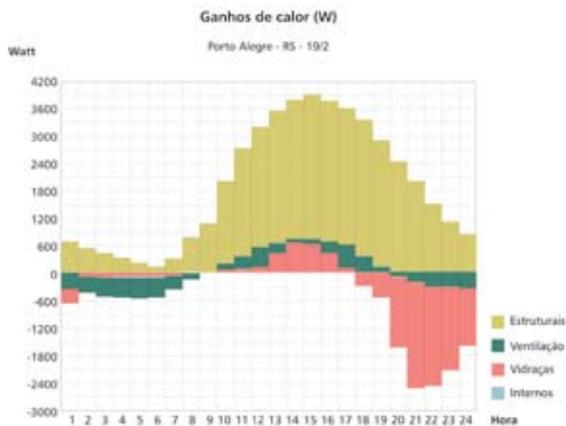


Figura 38 – Trocas de calor da edificação com o meio ambiente para a situação de verão (acima) e de inverno (abaixo)

5.4.1.4 Considerações sobre o desempenho térmico da Casa Alvorada

Analisando o desempenho de verão do protótipo (Figura 37), tem-se como temperatura máxima do ar do exterior 32,2 °C, e temperatura ambiental interior correspondente 35,5 °C. Portanto, a Casa Alvorada poderia ser enquadrada no nível C, definido pelo IPT (1998), como aquele ocorrente quando o valor máximo diário da temperatura do ar interior é superior ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior. Verifica-se, ainda, que as temperaturas ambientais internas ultrapassam os 29 °C no período das 8h00 às 24h00, contabilizando um total de 16 horas ao longo do dia. No período de inverno (Figura 37), a temperatura mínima do ar exterior é de 5,4 °C, enquanto no interior é de 9,3 °C. Tal desempenho seria definido pelo IPT (1998) como correspondente ao nível B de desempenho, ou seja, como aquele ocorrente quando o valor mínimo diário da temperatura do ar interior for igual ou maior do que a temperatura mínima do ar exterior. Verifica-se, também, que durante todo o dia a temperatura mantém-se inferior a 16 °C, portanto abaixo do limite inferior de conforto térmico. Com relação às trocas de calor (Figura 38), verifica-se que tanto no verão como no inverno as trocas mais significativas são as que ocorrem através dos componentes estruturais (paredes e cobertura).

Pode-se verificar que a pior situação, estimada pelo programa THEDES, ocorre no período de verão, situação característica da região de Porto Alegre, devido às altas temperaturas, que se somam à elevada umidade do ar nesse período. Todavia, os resultados obtidos nesta análise não exprimem de forma com-

pleta o real desempenho da Casa Alvorada, já que algumas estratégias utilizadas para incrementar o desempenho dela não estão expressas nos dados de caracterização da edificação. Além disso, os dias típicos considerados se aproximam de situações extremas, que correspondem a apenas alguns curtos períodos do ano. Entre as estratégias não contempladas pelo programa de simulação, embora utilizadas no projeto, pode-se citar o sombreamento dos planos (por beirais, vegetação e pela própria forma da edificação) e a utilização do efeito chaminé para a ventilação, tanto dos ambientes internos como da cobertura.

5.4.3 Estratégias para diminuir os ganhos térmicos nos períodos quentes

Para prevenir ganhos indesejáveis de calor pela edificação durante o verão, foi proposto um pergolado com vegetação caducifólia junto à fachada oeste, assim como uma coloração clara para o seu revestimento externo. O pergolado possibilita interceptar a radiação solar durante o verão, permitindo a sua transmissão no período de inverno, quando as folhas caem. Outro pergolado é previsto para a fachada norte, acima da varanda, promovendo sombra sobre a superfície envidraçada do dormitório no verão e ingresso de radiação no inverno.

5.4.4 Avaliação do desempenho lumínico da Casa Alvorada

No Brasil, os níveis mínimos de iluminação para o desempenho das tarefas visuais são fixados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da

NBR 5413 (ABNT, 1992). Embora a luz natural seja considerada a principal fonte de luz, em alguns momentos, a iluminação artificial é necessária. Para aumentar a eficiência energética e a habitabilidade dos ambientes em uma edificação, deve-se pensar na complementaridade entre a luz artificial e a luz natural.

Iluminação natural

Para estimar as condições de iluminação natural da Casa Alvorada, optou-se pelo Método do Fluxo Repartido, que resulta no fator de luz natural ou *Daylight Factor* (DF). Os cálculos e as leituras foram feitos a partir de uma malha de 0,75 m x 0,75 m centralizada em relação às janelas e na altura do plano de trabalho, no caso 0,75 m. Foi considerada no cálculo a disponibilidade de luz natural exterior média, sem obstrução, de 9.000 lux e aplicados os fatores de luz natural (DF) máximo e mínimo em cada ambiente (YUBA et al., 1999). O Quadro 14 apresenta os resultados dos cálculos, e a Figura 39 mostra a distribuição das curvas Isolux para uma melhor visualização dos resultados obtidos.

Ambiente	DF (%)		Iluminância (Lux)	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Sala/cozinha	6.18	0.64	556.2	57.6
Dormitório 1	8.61	0.92	774.9	82.8
Dormitório 2	4.69	0.42	422.1	37.8
Circulação	0.49	0.47	44.1	42.3
Banheiro	1.33	0.40	119.7	38.7

Quadro 14 – Resultados dos cálculos de DF e Iluminâncias

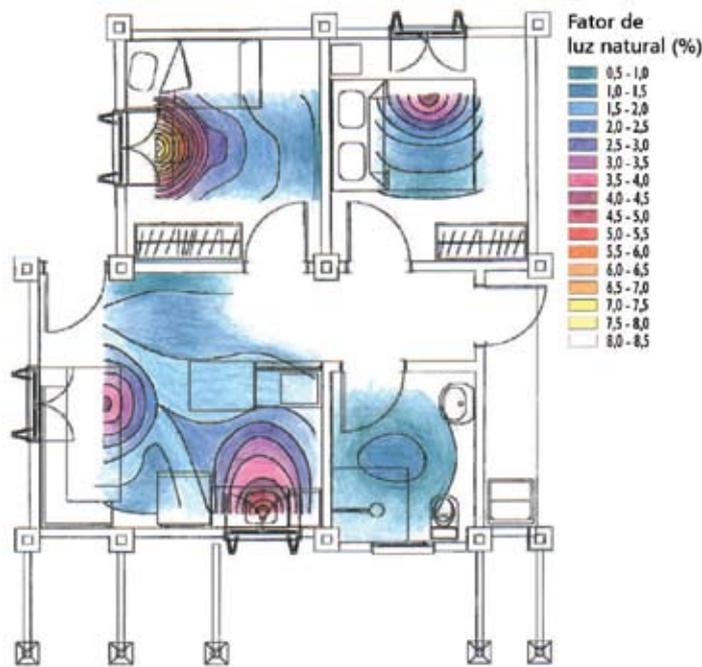


Figura 39 – Curvas Isolux (distribuição qualitativa)

Devido à utilização de aberturas laterais, verifica-se que a distribuição da luz natural se concentra junto às janelas, perdendo sua eficiência à medida do afastamento desses pontos, ou seja, apresenta uma grande variação entre os valores máximos e mínimos. Pode ser observado, também, que raramente os níveis de iluminação natural interna atingem os 500 lux recomendados pela NBR 5413 (ABNT, 1992), para execução de trabalhos que exigem acuidade visual média. Os ambientes que possuem valores mais altos são a sala/cozinha e o dormitório 1, o primeiro com mais de uma janela.

5.5 Equipamentos de suporte à otimização do desempenho das edificações e da gestão de recursos e resíduos

Um grupo de alunos das disciplinas envolvidas no projeto Casa Alvorada concentrou atividades no desenvolvimento dos equipamentos que dariam suporte à otimização dos recursos energéticos e tratamento de resíduos no protótipo da unidade habitacional e lote.

Foram desenvolvidos:

- estudos para ventilação do protótipo da unidade habitacional;
- projeto de iluminação artificial do protótipo da unidade habitacional;
- projeto de sistema de aquecimento de água por coletores solares;
- projeto do sistema de captação de água da chuva;

- projeto de tratamento de resíduos;
- projeto de instalações hidrossanitárias;
- projeto de instalações elétricas;
- projeto de secador solar de alimentos;
- projeto de composteira; e
- estudo da influência dos campos eletromagnéticos gerados por equipamentos eletroeletrônicos.

5.5.1 Estratégias adotadas para ventilação

A Casa Alvorada foi projetada para permitir a ventilação cruzada no verão, visando abrandar as temperaturas normalmente elevadas, características do período, ocorrentes na região, e possibilitar a ventilação higiênica no inverno, promovendo a qualidade do ar interior. Assim, o projeto de ventilação procurou tirar o máximo partido dos ventos predominantes existentes no local, para que houvesse condições de se estabelecer uma adequada ventilação de conforto para a situação de verão.

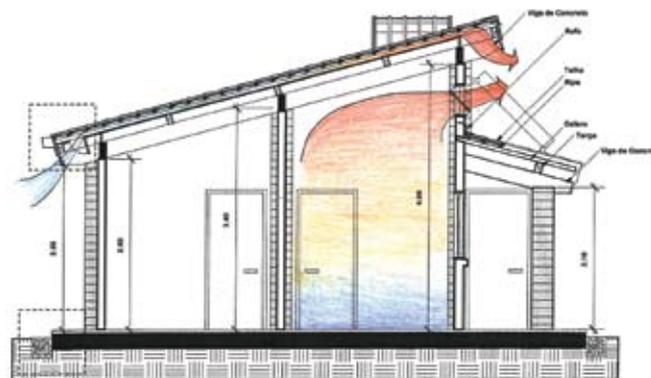
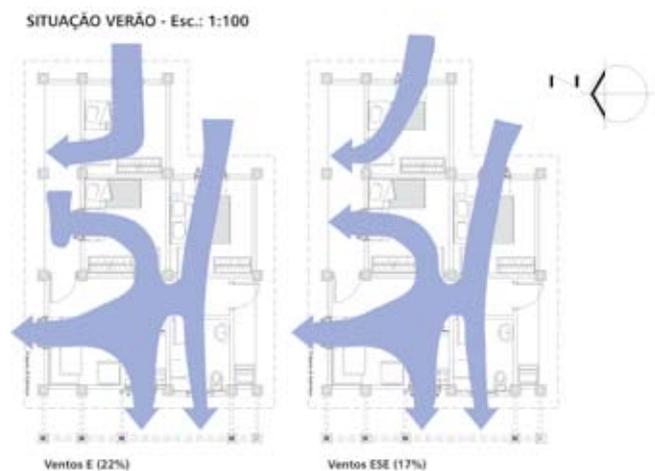


Figura 40 – Esquema de ventilação para a situação de verão

Na situação de verão (Figura 40), procurou-se tirar proveito dos ventos predominantes do quadrante leste (22% dos ventos de verão), que orientaram a localização das aberturas de um dos dormitórios e do compartimento proposto para ampliação. As demais dependências “nobres” são voltadas para a orientação norte, por ser esta a mais favorável à recepção dos raios solares, apesar de não ser tão eficiente quanto a ventilação. Para atenuar esse problema, foi projetada uma janela adicional na fachada oeste, da sala/cozinha, incrementando o potencial de ventilação cruzada nesse compartimento, considerado de uso prolongado. Nos ambientes voltados para o norte, também foram propostas duas aberturas superiores do tipo *maxim-ar*, para possibilitar a extração do ar mais quente de dentro da edificação, com base nos princípios da ventilação convectiva.

Para reduzir os ganhos de calor através da cobertura, foi proposto um sistema combinando um adequado isolamento térmico e a ventilação convectiva entre as camadas de isolamento (Figura 40, à direita). O sistema consiste na introdução de uma chapa de *offset*, usada em processos de impressão e normalmente comercializada como “sucata” pela indústria gráfica, entre o forro e a cobertura de telhas. O sistema é complementado pela construção de uma portinhola móvel no beiral inferior e de uma grelha aberta, para a saída de ar aquecido na parte mais alta da cobertura (cumeeira). Durante o período de verão, a portinhola deve permanecer aberta, provendo ventilação no espaço entre o forro e o telhado, o que reduz os ganhos de calor através da cobertura. No período de inverno, a portinho-

la deve ser mantida fechada, fazendo com que as câmaras de ar, com ventilação reduzida, aumentem a barreira isolante térmica, reduzindo as perdas de calor pela cobertura. No período de inverno, o usuário deverá ser instruído a minimizar a abertura das portas internas e das janelas, de modo a possibilitar a ventilação higiênica, mas sem gerar correntes de ar nos ambientes.

Assim, uma vez construída a residência, o usuário deverá receber recomendações de uso para que o sistema, que tira partido da ventilação natural, funcione adequadamente. Tais recomendações explicarão que durante o inverno todas as portas internas devem permanecer fechadas e as janelas devem ser abertas o mínimo possível, evitando correntes de ar nos aposentos. As tampas de ventilação do forro devem ser mantidas fechadas, evitando a retirada do ar aquecido pela cobertura. Já no verão, o recomendável será abrir todas as portas internas e janelas ao máximo, bem como manter permanentemente a ventilação do forro do telhado, deixando as tampas de proteção abertas.

Acredita-se que, seguindo essas recomendações, o desempenho climático da residência como um todo será bastante satisfatório, evitando perdas de calor no inverno e maximizando a retirada de calor no verão.

5.5.2 Iluminação artificial

O projeto de iluminação artificial da Casa Alvorada teve como premissa a especificação de produtos que, além de reduzir o consumo de energia elétrica, buscassem atingir níveis de iluminância/lu-

Vol(2)=81,6 m³/h (30 ach.) - 691 (254 ach.)
 (3) V_{mín.}=0,3.0,53.1,6=0,25 m³/s=916 m³/h
 Vol(3)=108 m³/h (30 ach.) - 916 (254 ach.)

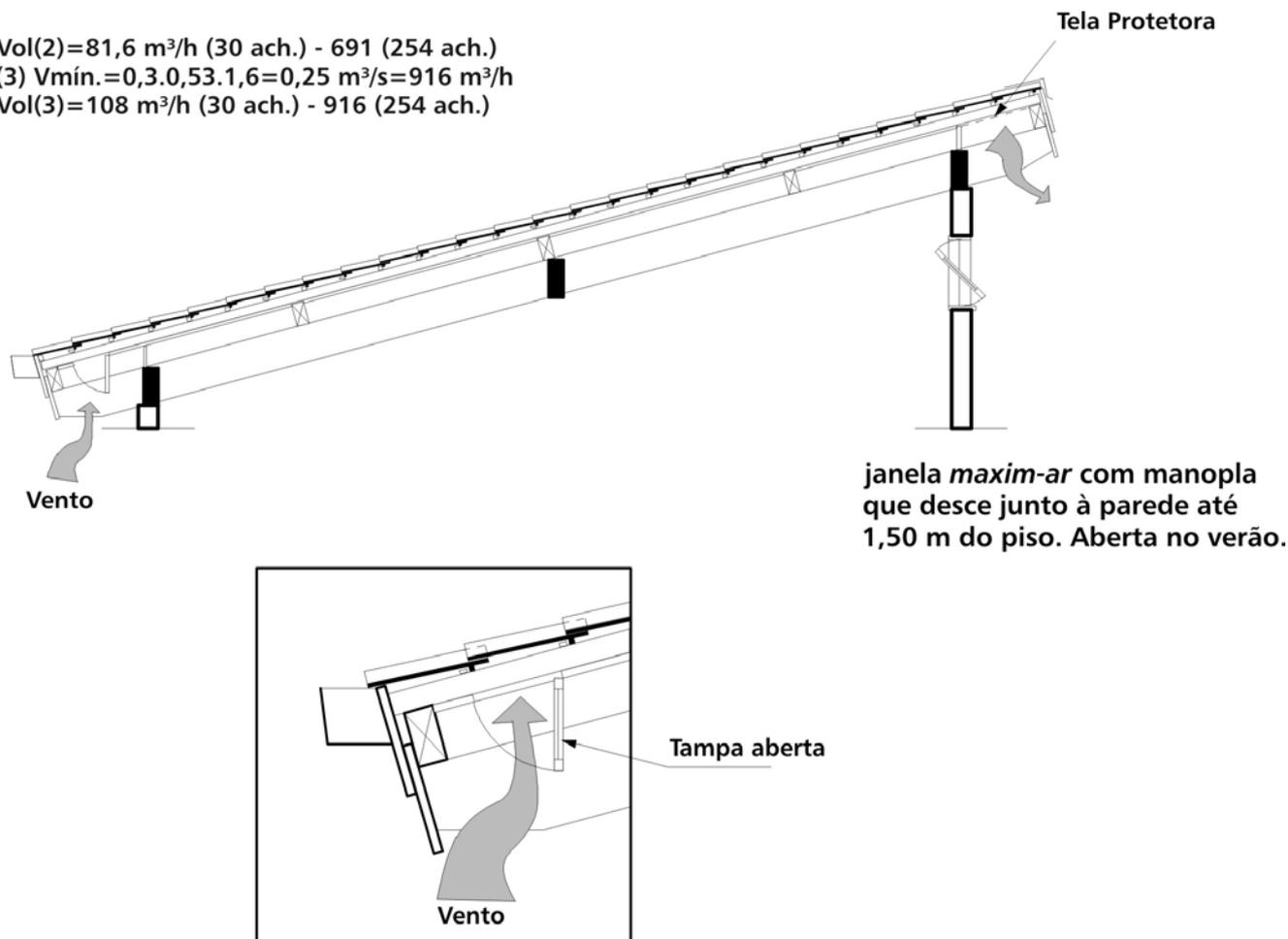


Figura 41 – Sistema de ventilação do telhado

minância e Índice de Reprodução de Cor (IRC) adequados às tarefas visuais a serem desenvolvidas pelos usuários. Outro critério de escolha foi a temperatura de cor, que foi estabelecida em torno de 3.000 K, por ser mais aconchegante (MIRON, 1999). Foram especificadas lâmpadas que possibilitam uma economia

de energia da ordem de 10% a 15%, pela redução de potência, com bulbo revestido em pó trifósforo, que permite maior eficiência energética (70 lm/w a 95 lm/w), com índice de reprodução cromática de 85%. As luminárias foram posicionadas de forma a propiciar iluminação de tarefa e iluminação de fundo.

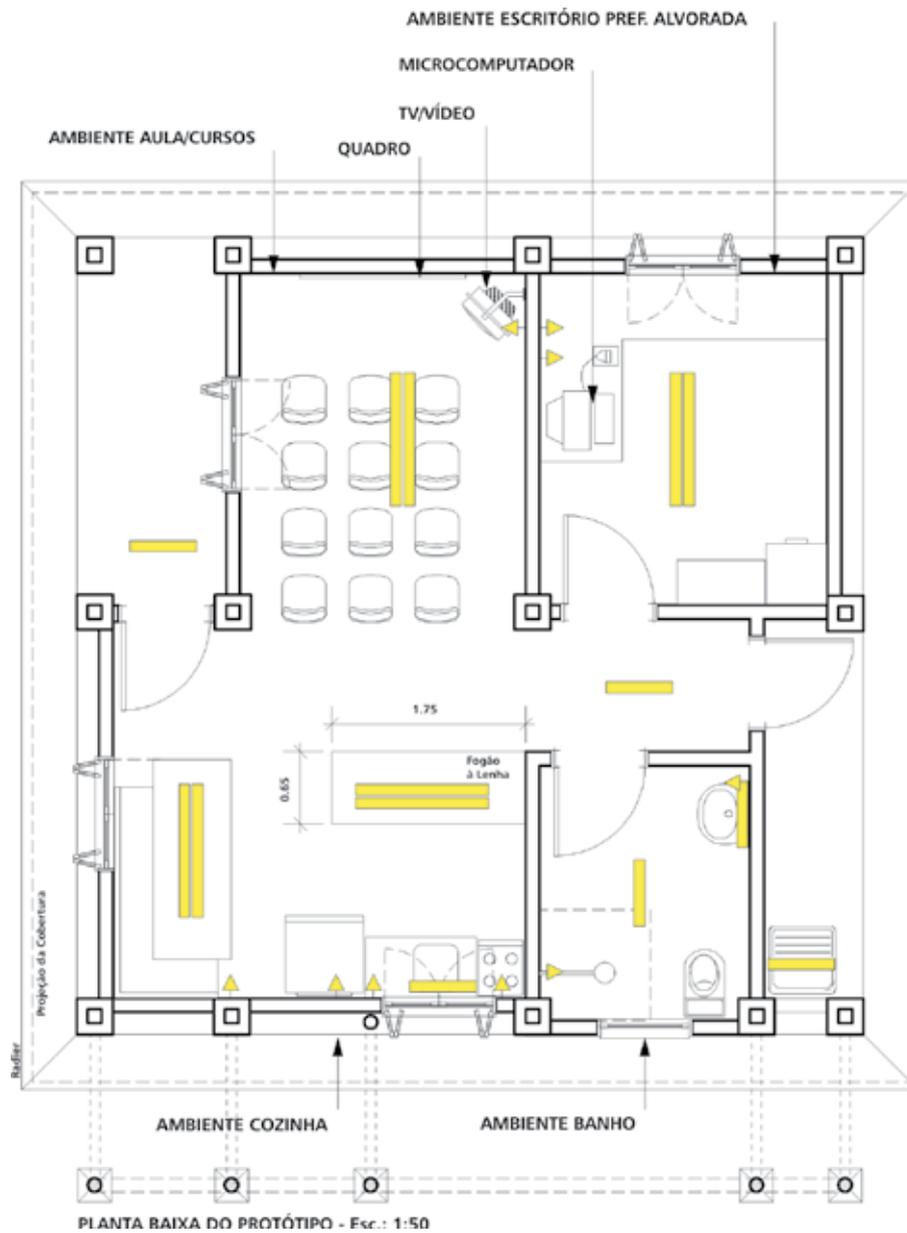


Figura 42 – Projeto de iluminação artificial da Casa Alvorada (adaptada como centro de difusão de tecnologias mais sustentáveis)

Especificação das lâmpadas

Especificação	Características
Especificação L18/21 840 - Branca Neutra	Lâmpadas OSRAM Energy Saver
	Diâmetro: 26 mm
	IRC: 85%
	Comprimento: 590 mm
	Potência: 18 w + 10 w (reator)
	Fluxo Luminoso: 1.350 lm
	Temperatura de cor: 4.000 K

Quadro 15 – Especificação preferencial para lâmpada do tipo 1

Especificação	Características
Especificação L32/31 830 - Branca Morna	Lâmpadas OSRAM Energy Saver
	Diâmetro: 26 mm
	IRC: 85%
	Comprimento: 1.200 mm
	Potência: 32 w + 15 w (reator)
	Fluxo Luminoso: 3.050 lm
	Temperatura de cor: 3.000 K

Quadro 16 – Especificação preferencial para lâmpada do tipo 2

Especificação	Características
Especificação L32/21 840 - Branca Neutra	Lâmpadas OSRAM Energy Saver
	Diâmetro: 26 mm
	IRC: 85%
	Comprimento: 1.200 mm
	Potência: 32 w + 15 w (reator)
	Fluxo Luminoso: 2.700 lm
	Temperatura de cor: 4.000 K

Quadro 17 – Especificação opcional para lâmpada do tipo 2

OSRAM	PHILIPS	GE	SYLVANIA
Lumilux cor 31 - 830	-	-	-
Lumilux cor 21 - 840	Super 84	SP x 41	Designer 4000

Quadro 18 – Lâmpadas correspondentes em outras marcas

Especificação dos reatores

Reator de partida rápida da INTRAL

Potência do conjunto (lâmpada + reator): para lumina-
rías com lâmpadas 1 w x 18 w = 28

Relação de Equipamentos por ambiente

Ambiente	Consumo (lâmpada + reator)	Carga total consumida
Cozinha/copa	2(2X32 W) + 60 w	235 w
	1(1X32 W) + 15 w	
Sala de aula	1(2X32 W) + 30 w	94 w
Corredor	1(1X18 W) + 10 w	28 w
Escritório	1(2X32 W) + 30 w	94 w
Banho	2(1X18 W) + 20 w	56 w
Varanda	1(1X18 W) + 10 w	28 w
Área de serviço	1(1X18 W) + 10 w	28 w
CARGA TOTAL		563 w

Quadro 19 – Relação de equipamentos para protótipo da unidade habitacional

Ambiente	Consumo (lâmpada + reator)	Carga total consumida
Varanda	2(1X18 W) + 20 w	56 w
Oficina	1(2X32 W) + 30 w	94 w
CARGA TOTAL		685 w

Quadro 20 – Relação de equipamentos para ampliação do protótipo da unidade habitacional

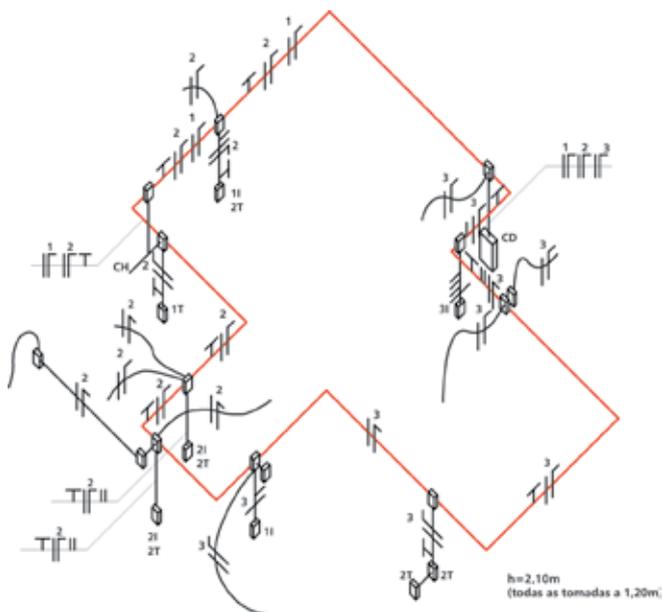


Figura 43 – Projeto elétrico

5.5.3 Influência dos campos eletromagnéticos gerados por aparelhos eletroeletrônicos

Alguns equipamentos geram grandes campos eletromagnéticos (CEMs) e não têm seu efeito reconhecido pelo usuário, que não mantém distanciamento adequado para evitar os danos à saúde que podem advir dessas fontes de exposição.

Conforme Pizzato (2002), em monografia de mestrado do PROPAR, os campos eletromagnéticos podem sofrer deformações no espaço, podendo gerar formas ovulares. Entretanto, devido à dificuldade em determinar a forma específica, o que seria possível somente por cálculos avançados ou medições de campo, consideram-se medidas padrão que reduzem os campos à forma esférica.

A máquina de lavar louça, microondas e máquina de lavar roupa estão entre os equipamentos de forte campo magnético, enquanto o rádio-relógio e o relógio têm campos magnéticos relativamente baixos, porém a eles ficamos expostos por longos períodos. Bueno (1995, p. 122) cita: “A exposição de oito horas seguidas pode justificar as insônias e do-

res de cabeça assim como a fadiga que, pela manhã, alguns usuários acusam [...]. A distância de segurança aconselhada é de 1,5 m”.

Para tornar mais prática a abordagem das relações espaciais que envolvem saúde, CEMs e o planejamento de espaços, são adotadas medidas padrão daquelas medidas médias reconhecidas nas fontes de pesquisa. O importante para Pizzato não é definir as melhores margens de segurança, mas sim verificar a viabilidade da aplicação de quaisquer medidas a serem adotadas num país ou região pelos profissionais da área da arquitetura.

5.5.3.1 Medidas padrão para fiação elétrica

Citados por pesquisadores como Bueno (1995) e Rosa (1994), da Associação de Estudos Geobiológicos (Espanha), os estudos epidemiológicos de N. Wertheimer e Ed Leeper, com seus códigos de fiação, são de ótima referência para classificar as várias situações encontradas na maioria das cidades (Figura 43).

Os cinco níveis definidos por Wertheimer e Leeper são apresentados no Quadro 21.

Nome	Sigla
Configurações de Corrente Muito Alta (Very High Current Configuration)	VHCC
Configuração de Corrente Ordinária Alta (Ordinary High Current Configuration)	OHCC
Configuração de Corrente Baixa (Ordinary Low Current Configuration)	OLCC
Configuração de Corrente Muito Baixa (Very Low Current Configuration)	VLCC
Corrente enterrada: que trata de cabos instalados abaixo do nível do solo, que, quando corretamente executados, possuem um CEM mínimo	

Quadro 21 – Níveis de configuração de corrente

As investigações demonstraram um aumento nos casos de reações adversas à saúde em residências localizadas em zonas de VHCC e OHCC, mais que em zonas OLCC, VLCC e correntes enterradas. Sobre as categorias das redes de distribuição, devemos considerar basicamente as expostas nos códigos de fiação na Figura 42. Ressalvas são feitas às linhas de transmissão de alta voltagem.

Bueno (1995, p. 115) recomenda distâncias entre essas linhas das residências que variam de 112 m a 250 m - orientações dispostas seguindo os pontos cardeais no hemisfério Norte do planeta, devendo ser adaptadas ao hemisfério Sul, que corresponde à situação geográfica da maior parte do Brasil. Aqui se adotará uma média que é representada por Rosa (1994, p. 112): “[...] como a ex-União Soviética, [...] dispõe que não deve existir edifícios a menos de 110 metros de distância de instalações elétricas que possam produzir campos superiores a 25 kv/m”. Para Rosa (1994, p. 112), também poderão ser adotadas médias padrão, tais como: “Na Alemanha se recomenda construir deixando uma distância de segurança de 1 m para cada 1.000 volts de tensão da intensidade da rede elétrica

Polegadas	Metros
1	0,3048
25	7,62
50	15,24
65	19,812
130	39,624
150	45,72

Quadro 22 – Medidas de conversão

[...]”. Essa norma deve ser adotada quando várias configurações de rede se apresentarem em um mesmo local e houver dúvidas da classificação dos códigos de fiação de Wertheimer e Leeper.

Na Figura 44, as medidas estão expressas em pés. O Quadro 22 apresenta a conversão dessas medidas para metros.

5.5.3.2 Medidas padrão para aparelhos eletromagnéticos

A maioria dos equipamentos tem CEM reduzido, normalmente não afetando o indivíduo posicionado a mais de um metro de seu ponto de origem (centro geométrico do objeto). Essa influência ocorre tridimensionalmente, gerando um volume esférico.

Alguns aparelhos elétricos têm medida padrão diferente de 1 metro. São eles:

- a) rádio-relógios: 1,5 m;
- b) televisores até 17 polegadas: 3 m (para aparelhos maiores, as pesquisas são incompletas, mas recomenda-se aumentar a distância proporcionalmente);
- c) aparelho de decodificação de canais de TV a cabo: equipamento pequeno, tem como campo 1,5 m de raio;
- d) microcomputadores: será adotado um raio de 3 m a partir do centro do monitor do vídeo;
- e) aparelho de fax/secretária eletrônica: deve manter o mesmo princípio do rádio-relógio e ter como medida padrão 1,5 m;
- f) aparelho de ar condicionado: seu raio de campo é estipulado em 1,5 m.

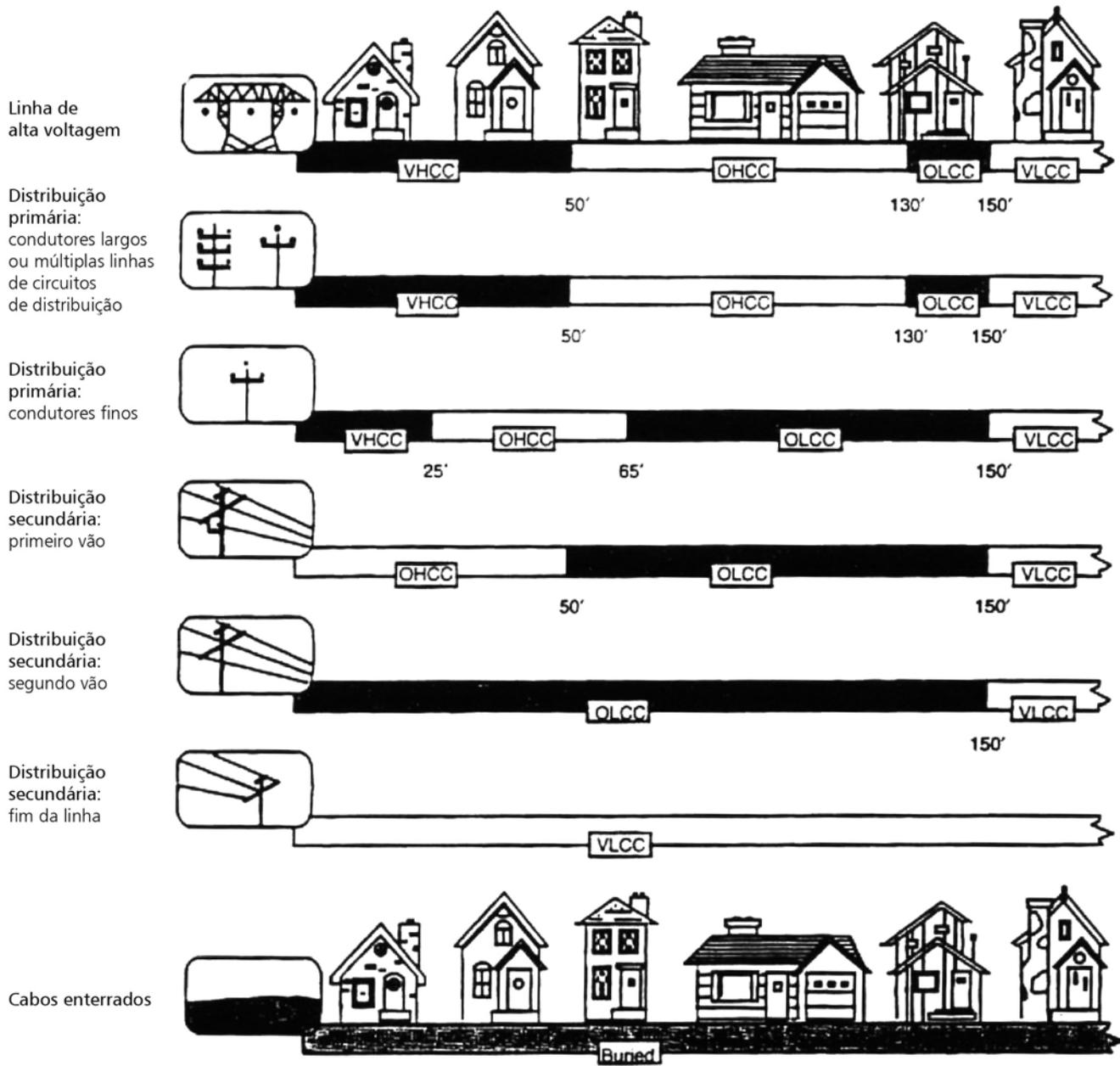


Figura 44 – Representação das configurações de corrente
 Fonte: EBI (1998)

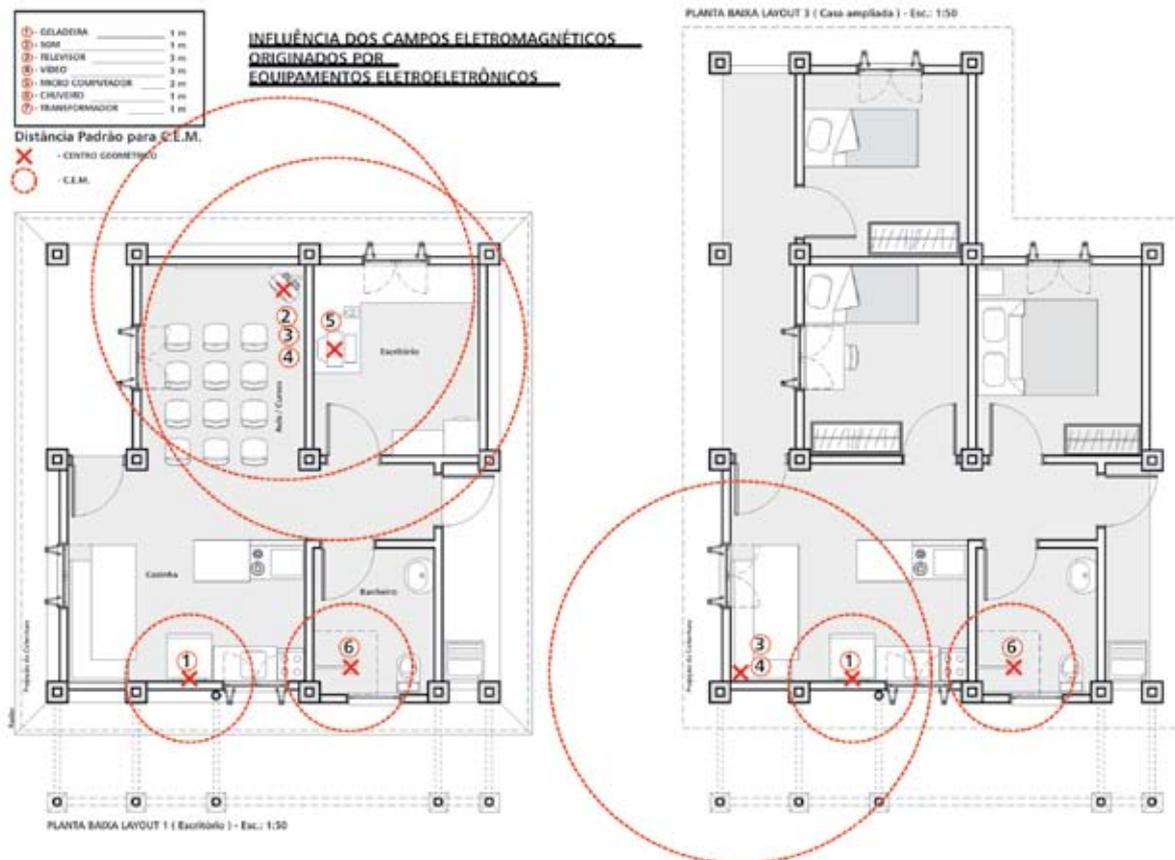


Figura 45 – Representação dos campos eletromagnéticos para a Casa Alvorada

Outros aparelhos de uso proporcionalmente baixo e de uso manual não influem nos princípios estudados pelo fato de que tais aparelhos não estão relacionados diretamente ao planejamento espacial. Entre eles temos barbeador elétrico, secador de cabelo, batedeira, liquidificador, torradeira, espremedor de frutas, etc. No entanto, em todas as pesquisas realizadas, tais aparelhos são incluídos.

5.5.3.3 Medidas padrão para o sistema elétrico de uma edificação

Seguindo a definição da medida padrão para fiações externas, afastamento de 1 m para cada 1.000 volts, dever-se-ia manter mais de 15 cm de distância em relação ao eixo do eletroduto nas cidades com tensão nominal de 127 V. Para a Casa Alvorada, foi proposto um eletroduto de parede localizado a

30 cm de altura em relação ao piso, correndo pela parede, onde foi localizada a cabeceira da cama.

A situação se torna mais crítica para tensões nominais de 220 V (equivalente à medida padrão de 22 cm) e de 380 V (equivalente a 38 cm) em algumas cidades. Quando a instalação é antiga, má executada ou realizada com material de qualidade inferior, a situação é agravada. Recomenda-se, sempre que possível, afastar as tomadas e interruptores a 75 cm da cama.

5.5.3.4 Recomendações gerais para a Casa Alvorada

As recomendações gerais para a Casa Alvorada são:

- a) distribuição da rede elétrica a uma altura de 2,10 m, descendo para cada ponto;
- b) eletrodutos metálicos e aterrados;
- c) tomadas afastadas 75 cm das camas;
- d) camas com a cabeceira orientada para o norte;
- e) equipamentos com CEM maiores aproximados; e
- f) rede geral aterrada.

5.5.4 Sistema de aquecimento de água por coletores solares

A energia solar é uma fonte energética sustentável e pode ser usada como substituta de muitas outras fontes, tais como os derivados de petróleo, o carvão e a eletricidade de geração hidrelétrica. Um dos usos para os quais ela tem sido empregada com sucesso é

o aquecimento de água, seja na escala doméstica ou industrial. Para o aquecimento de água de uso doméstico existem vários sistemas desenvolvidos, entre eles o sistema de circulação natural ou termossifão, que se destaca pelo seu baixo custo, tornando-se acessível à parcela da população menos favorecida.

No Brasil usa-se, preferencialmente, a energia elétrica para o aquecimento de água, principalmente entre as classes mais populares. Se empregarmos a energia solar para o aquecimento de água de uso residencial, diminuiremos boa parcela do consumo de energia elétrica nacional. O uso da energia solar para o aquecimento de água é uma alternativa viável: apresenta baixo custo no longo prazo, é não poluente e inesgotável.

5.5.4.1 Aquecimento de água por termossifão

A seguir é apresentada uma proposta de coletor solar para aquecimento de água por termossifão para uso doméstico.

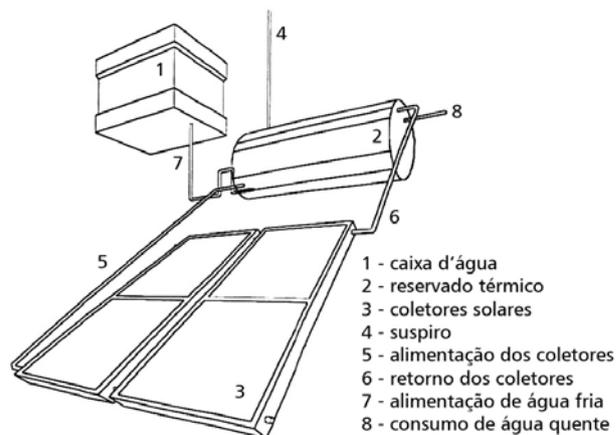


Figura 46 – Esquema básico de coletor solar
Fonte: ABRAVA (1996)

A Figura 46 mostra esquematicamente a disposição dos elementos que formam um coletor solar: o painel coletor (responsável pelo aquecimento da água através da radiação solar absorvida) e o reservatório (onde é reservada a água aquecida).

O depósito deve estar acima do painel do coletor.

A água é aquecida no painel coletor, tornando-se menos densa, subindo para o reservatório e dando lugar à água fria, mais densa, dele proveniente. Por fim, esta também irá se aquecer, retornando ao reservatório.

Quanto maior é a altura, melhor é a eficiência (fluxo de água) do coletor. Essa distância assegura que à noite não ocorrerá o processo inverso, isto é, expulsão da água aquecida do reservatório (STONER, 1974; SZOKOLAY, 1978).

5.5.4.2 O painel solar

O painel solar recebe a incidência da energia solar, que é absorvida mais acentuadamente quando o painel possui superfícies escuras, que assim é aquecido e aquece a água em seu interior.

A Figura 47 e o Quadro 23 apresentam as partes que compõem o painel solar.

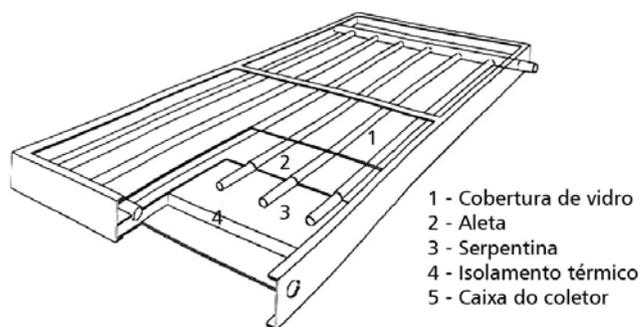


Figura 47 – Componentes do painel solar
Fonte: ABRAVA (1996)

Componente	Material
Caixa do coletor	Metal ou madeira - deve resistir às intempéries
Cobertura	Vidro - é opcional e aumenta consideravelmente o desempenho
Tubos	É por onde circula a água. Pode ser de cobre, aço galvanizado ou PVC rígido. Deve ter grande condutibilidade térmica e resistir à corrosão
Aletas	Conduzem calor até os tubos, de material de elevada condutividade térmica. São pintadas com tinta preta fosca para aumentar a absorção da energia incidente
Isolamento térmico	Para evitar perda de calor no fundo e laterais, deve ser resistente a altas temperaturas, tal como a lã de vidro, serradura seca, palha, etc. (STONER, 1974)
Tinta	Pode ser usada uma mistura de óleo de linhaça e pigmento de carvão (STONER, 1974)

Quadro 23 – Relação de componentes e materiais para o coletor solar

5.5.4.3 O reservatório térmico

A armazenagem da água aquecida no coletor solar deve ser feita com a menor perda de calor possível. A Figura 48 mostra o funcionamento básico do sistema por termosifão.

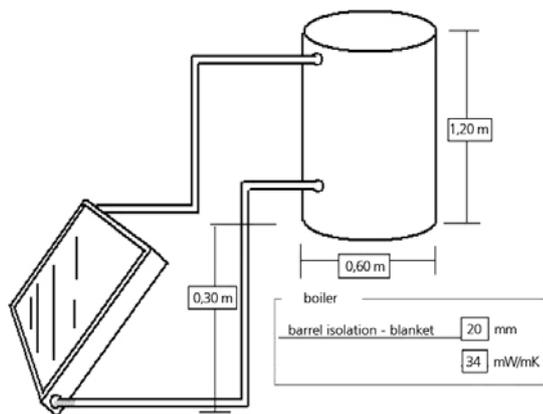


Figura 48 – Aquecedor de água por termosifão
Fonte: SZOKOLAY (1978)

O isolamento térmico do reservatório de água aquecida é fundamental para o bom desempenho do sistema. O material empregado pode ser papel, fibra vegetal e poliestireno expandido, entre outros. Deve possuir um revestimento externo resistente às intempéries. O reservatório deve estar no mínimo a 30 cm acima da parte superior do coletor, sob pena de perda de eficiência do sistema (SZOKOLAY, 1978).

5.5.4.4 A posição do coletor solar

Devido aos movimentos de translação e rotação da Terra, os raios solares atingem a superfície de determinado local de forma diferente no decorrer do ano. Por esse motivo é importante se conhecerem os

ângulos de inclinação em relação à horizontal (altitude solar) e a orientação em relação ao norte verdadeiro (azimute), para determinar a posição mais adequada dos coletores solares (Figura 49).

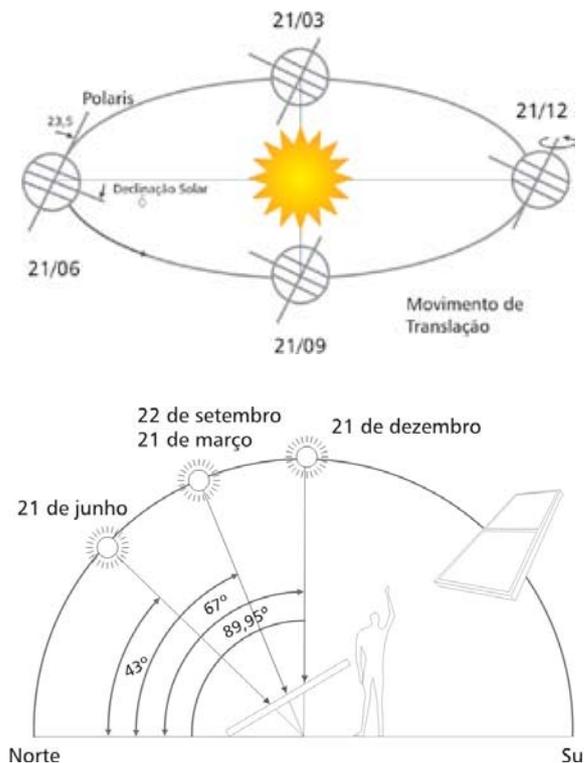


Figura 49 – Movimento de translação solar e variação da altura solar nas diferentes estações para uma cidade localizada quase sob um dos trópicos
Fonte: ABRAVA (1996)

O painel solar deve ser posicionado perpendicularmente ao fluxo de radiação solar. Dessa maneira, interceptará o máximo de radiação possível, absorvendo maior quantidade de energia (Figura 49). Como a altitude solar não é a mesma no decorrer do ano, só

teremos os raios solares incidindo sempre perpendicularmente à superfície dos painéis se estes forem móveis, acompanhando a trajetória solar. Se o coletor solar for mantido fixo, a absorção da energia radiante variará de acordo com o ângulo de incidência dos raios.

Os painéis solares fixos devem ser inclinados em relação à horizontal de um ângulo igual à latitude do local mais 10° a 15°. Desejando-se água quente ao meio-dia, o painel deve estar levemente voltado para nordeste. Caso se deseje água quente à noite, volta-se o coletor para noroeste (COMETTA, 1978; LUIZ, 1985; STONER, 1974; SZOKOLAY, 1978). Segundo Stoner (1974), uma regra básica para o pré-dimensionamento de coletores é considerar para cada 4,5 litros de água aquecida 0,1 m² de superfície de painel.

5.5.4.5 Pré-dimensionamento do coletor solar

O pré-dimensionamento do coletor, considerando uma família de classe popular, composta de cinco pessoas e um volume de água aquecida para ser usada apenas para banho, é o seguinte:

- Volume de água consumido diariamente (estimado para cinco pessoas):
- Número de pessoas = 5
- Vazão de chuveiro econômico = 4 litros/min
- Duração de um banho = 8 min
- Consumo = 5 pessoas x 4 litros/min x 8 min = 160 litros \cong 160 kg
- Temperatura desejada da água:

$$T_f = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Temperatura ambiente (estimativa para o mês de julho/média mensal) (TONDELO, 1998):

$$T_i = 14 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Insolação média no Rio Grande do Sul (estimativa para o mês de julho/média mensal) (TONDELO, 1998):

$$H_T = 13,05 \text{ MJ/m}^2$$

- Calor específico da água:

$$c = 4,186 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C}$$

- Eficiência do coletor (SZOKOLAY, 1978):

$$\eta = 50\%$$

A eficiência de um coletor solar é dada por:

$$\eta = \frac{Q}{H_T \cdot A}, \text{ onde:}$$

η = eficiência do coletor;

Q = quantidade de energia térmica necessária para se atingir a temperatura desejada da água;

H_T = intensidade média de radiação solar que incide sobre o painel; e

A = superfície do painel para absorção de radiação solar.

A quantidade de energia térmica necessária para se aquecer a água de 14 °C (temperatura ambiente) a 40 °C (temperatura da água para banho) é dada por:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T,$$

onde:

c = calor específico da água;

m = massa da água; e

$\Delta T = T_f - T_i$, variação da temperatura.

Logo:

$$Q = 4186 \frac{J}{kg^{\circ}C} \cdot 160 \text{ kg} \cdot (40^{\circ}C - 14^{\circ}C) = 17,4 \times 10^3 \text{ kJ}$$

Substituindo esses valores na expressão de eficiência de um coletor, obtém-se a superfície necessária para a absorção:

$$\eta = \frac{Q}{H_T \cdot A} \quad \therefore A = \frac{Q}{H_T \cdot \eta} = \frac{17,4 \times 10^3 \text{ kJ}}{13,05 \times 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2} \cdot 0,50}$$

$$A \cong 3,00 \text{ m}^2$$

Essa área será dividida em dois painéis de 1,0 m x 1,5 m. O volume do reservatório deve obedecer à relação de 75 litros para cada metro quadrado de coletor, não podendo extrapolar os limites máximo e mínimo de 50 e 100 litros. Neste estudo foi considerado um reservatório de aproximadamente 200 litros, obtendo-se a relação de 66,7 litros/m², valor que se encontra dentro dos limites acima apresentados (TONDELLO, 1998).

5.5.4.6 Orçamento

Apresenta-se a seguir um orçamento aproximado do custo do coletor solar. Consideram-se três possibilidades: tubulações em PVC rígido, em ferro galvanizado ou em cobre, para fins de comparação de custos.

Descrição para compra	Especificação dos componentes	Qtde	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Chapa metálica ondulada	2 folhas de 1,00 m x 1,50 m	3,0 m ²	8,50	25,50
Madeira compensado esp. = 12 mm	4 peças de 1,00 m x 0,20 m 4 peças de 1,00 m x 1,50 m 4 peças de 0,97 m x 0,20 m	7,6 m ²	6,20	47,12
Pregos	Bitolas variadas	2 kg	2,50	5,00
Cedrinho (sarrafos de 2,5 x 2,5 cm)	4 peças de 0,97 m 4 peças de 1,43 m	9,60 m	0,32	3,07
Arame BWG 18	-	1 kg	2,11	2,11
Tinta látex preta fosca	-	3 litros	5,50	16,50
Chapa metálica esp. = 2 mm	16 peças de 200 mm x 100 mm 4 peças de 800 mm x 200 mm	11 kg	0,70	7,70
Parafuso com porcas $\phi = 5$ mm	Comprimento variável	40 un.	0,40	16,00

Quadro 24 – Orçamento para o coletor solar

Descrição para compra		Especificação dos componentes	Qtde	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Tubulação	opção 1	Cobre 22 mm	30 m	5,20	156,00
	opção 2	Aço galvanizado ¾"		3,19	95,70
	opção 3	PVC água quente ¾"		3,10	93,00
Luvas	opção 1	Cobre 22 mm	10 un.	0,54	5,40
	opção 2	Aço galvanizado ¾"		1,00	10,00
	opção 3	PVC água quente ¾"		0,15	1,50
Curva 90	opção 1	Cobre 22 mm	16 un.	1,20	19,20
	opção 2	Aço galvanizado ¾"		1,20	19,20
	opção 3	PVC água quente ¾"		0,78	12,48
Tê 90	opção 1	Cobre 22 mm	18 un.	1,51	27,18
	opção 2	Aço galvanizado ¾"		1,50	27,00
	opção 3	PVC água quente ¾"		0,90	16,20
Adaptadores reservatório		flanges	5 un.	3,30	16,50
Registro de gaveta		20 mm (¾")	1 un.	7,70	7,70
Mangueira plástica		φ = 50 mm	10 m	3,10	31,00
Totais	opção 1	Cobre 22 mm			385,98
	opção 2	Aço galvanizado ¾"			330,10
	opção 3	PVC água quente ¾"			301,38

Quadro 25 – Orçamento com opções de componentes
Fonte: REGISUL (julho/99)

O maior valor é para o uso de tubulações em cobre (R\$ 386,00), enquanto o menor valor é alcançado quando as tubulações são em PVC para água quente (R\$ 300,00). No entanto, o valor para o aço galvanizado ficou muito próximo daquele correspondente ao PVC, cerca de 10% acima do valor deste (R\$ 330,00).

Devido à maior durabilidade das tubulações metálicas diante do PVC e considerando o maior impacto ambiental deste último, é aconselhável o emprego das tubulações em aço galvanizado.

5.5.5 Sistema de captação de água de chuva

O sistema de captação de água de chuva proposto (Figura 50) é constituído pelo telhado (53 m²), por uma calha e por um reservatório para armazenamento da água de chuva coletada. Também são utilizadas canalizações para a condução da água da calha ao reservatório e deste até a caixa de descarga. Não foi previsto um reservatório para armazenamento de água fornecida pela concessionária.

A calha deve ser executada com chapas galvanizadas, com uma seção de 15 cm x 15 cm, considerada suficiente para possibilitar o escoamento da água de chuva, com inclinação mínima de 0,5%. A calha deverá receber pintura externa e interna. Para impedir o acúmulo de folhas e detritos no reservatório, o sistema prevê a colocação na calha de tela do tipo mosquiteiro em forma de rolo. A fixação deste será feita com arames.



Figura 50 – Sistema de coleta de água de chuva

O reservatório, em poliuretano estrutural, a ser utilizado deve ter capacidade para armazenar 1.000 litros; o vaso sanitário a ser utilizado terá caixa de descarga acoplada com capacidade para permitir descargas de 6 litros. O sistema possibilita o abastecimento da caixa acoplada direto do reservatório de água da chuva ou, alternativamente, da tubulação de água tratada pela concessionária. O controle deve ser realizado pelo usuário através do registro colocado para tal fim, com o auxílio de um tubo transparente para a visualização do nível de água do reservatório de água da chuva.

O reservatório possui um expurgo, para casos eventuais, dispondo de um tanque reciclado de óleo, com capacidade para 200 litros. Essa água poderá ser utilizada para fins diversos: horta, jardim, etc. O sistema de captação de água da chuva para o galpão do horto local é similar ao proposto para o protótipo da unidade habitacional.

Em função da área do telhado do protótipo (53 m²), considerando a média mensal do índice pluviométrico da cidade de Porto Alegre (148,23 mm), para fins de referência, pode-se inferir que, por mês, a quantidade de água da chuva a ser coletada é de 7.845 litros. Considerando uma família de cinco pessoas, o uso de uma descarga de 6 litros e um uso diário da descarga de quatro vezes por dia por pessoa, a quantidade de água diária que se necessita para a descarga do vaso é de 120 litros (5 pessoas x 4 descargas x 6 litros/descarga.pessoa). Utilizando-se um reservatório de captação de água da chuva com capacidade de 1.000 litros, essa quantidade de água abasteceria a descarga do vaso durante, aproximadamente, 8 dias. O Quadro 26 apresenta o detalhamento dos componentes para os dois sistemas.

Componente	Protótipo	Galpão
Reservatório de água de chuva Capacidade: 1.000 litros (poliuretano)	1	2
Vaso c/ descarga acoplada. Cap.: 6 litros	1	1
Calhas de aço galvanizado. Seção 15 x 15 cm	8,20 m	17 m
	Ø50: 6 m	Ø50: 8 m
Tubulação em aço galvanizado	Ø25: 1,5 m	Ø25: 1,5 m
Tanques de aço reciclados. Cap.: 200 litros	1	2
Tecido plástico	7 m ²	15 m ²

* Inclui sistema de captação de água de chuva e sistema de abastecimento de água potável no protótipo e no galpão.

Quadro 26 – Componentes do sistema para o protótipo e o galpão

5.5.6 Projeto sanitário e sistema de tratamento de esgoto doméstico

O projeto básico de tratamento de efluentes líquidos domésticos para as três unidades habitacionais no horto do município de Alvorada se baseia no conceito de infra-estrutura ecológica, sendo esses efluentes encarados como recursos úteis ao próprio local onde são produzidos.

O esgoto produzido na habitação será aproveitado por estar enriquecido com matéria orgânica, sendo um insumo passível de utilização para a produção orgânica, após adequado tratamento.

5.5.6.1 Diretrizes gerais

Os elementos que constituem o projeto visam constituir um sistema de tratamento local de águas residuárias, dando origem a um ciclo de produção e consu-

mo que se inicia na habitação, passa pela fossa séptica, filtro de areia, leito de evapotranspiração, lagoa de estabilização e horta doméstica, retornando à habitação na forma de nutrientes dos alimentos (Figura 51).

5.5.6.2 Instalação na unidade

As águas residuárias coletadas na unidade terão por origem o tanque da área de serviço, da pia da cozinha e do vaso sanitário, lavatório e chuveiro do banheiro.

Os resíduos do tanque e do banheiro irão para uma caixa de inspeção, do lado externo da unidade habitacional, enquanto os resíduos da pia da cozinha passarão primeiro por uma caixa de gordura, para depois se juntar aos demais, em uma segunda caixa de inspeção, onde se iniciará o processo de transformação dos resíduos.

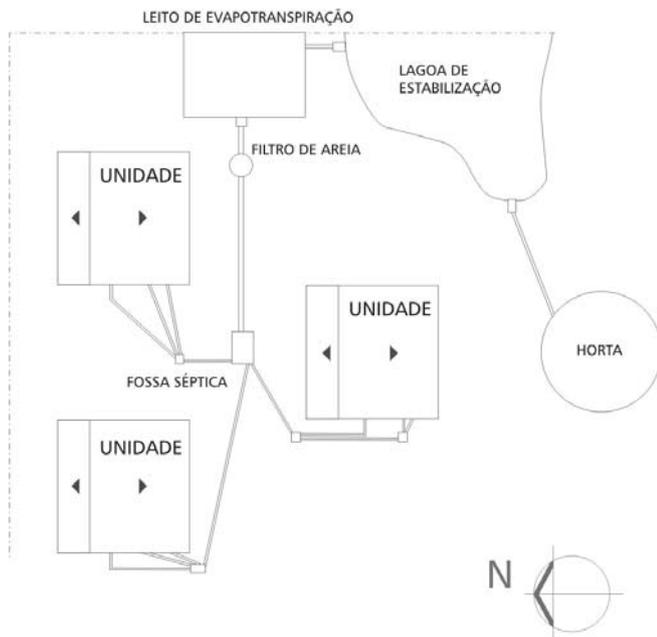


Figura 51 – Esquema da proposta de tratamento de águas residuárias

5.5.6.3 Fossa séptica

Constitui o tratamento primário do sistema. Nela serão realizados a flotação, a decantação e o início da digestão dos resíduos provenientes dos esgotos da unidade habitacional.

O tanque será compartimentado através de dois tabiques de concreto, o que permite a separação do efluente em três partes: espuma, líquido e lodo. Dessa forma, o lodo fica concentrado e facilita a limpeza da fossa. A operação de limpeza deve ocorrer em um intervalo variável de 1,5 a 3 anos.

A fossa será de uso coletivo, atendendo às três residências descritas em projeto.

5.5.6.4 Filtro de areia

Constitui o tratamento secundário do sistema. Sua função está em reduzir a carga de DBO do efluente que será lançado no leito de evapotranspiração. Tal cuidado se deve à pouca distância que existe entre

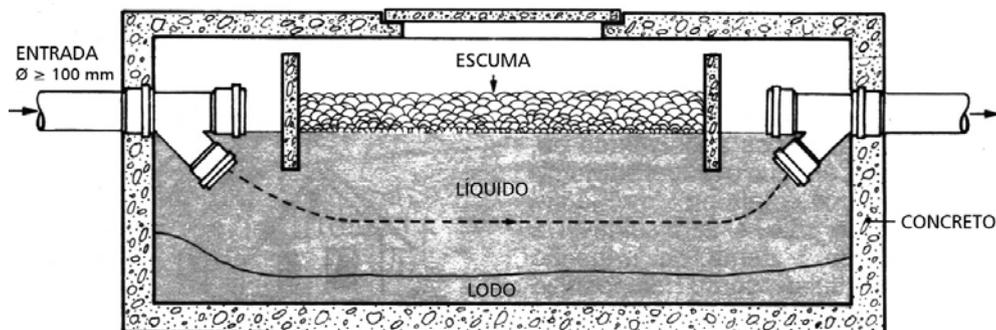


Figura 52 – Esquema geral da fossa séptica

Fonte: Manual Técnico de Instalações Hidráulicas e Sanitárias (1987)

uma das unidades e o leito, o que poderia atrair uma quantidade indesejável de mosquitos ou de outros insetos incômodos às atividades nas edificações.

Paim e Chaves (1995) sugerem que os filtros de areia tenham a sua camada superior, de aproximadamente 1 cm, periodicamente removida. A areia retirada pode ser lavada e devolvida ao filtro. A água da lavagem deverá ser conduzida ao leito de evapotranspiração, para que os nutrientes dissolvidos durante a lavagem contribuam para o desenvolvimento das plantas.

5.5.6.5 Leito de evapotranspiração

O leito de evapotranspiração possibilita o tratamento terciário. Ele recebe o efluente do filtro de areia, que é absorvido ou transformado em vapor de água através das plantas colocadas no leito. A água e os nutrientes provenientes do filtro de areia são captados pelas raízes das plantas, convertendo-os parte em nutrientes utilizados em seu crescimento e parte em água, que se transforma em vapor, o qual passa da folha para o ar à sua volta.

O leito de evapotranspiração do Horto de Alvorada consiste em uma escavação com 1 m de profundidade, preenchido com quatro camadas de brita grossa, brita fina, areia e, por último, terra vegetal. As camadas possuem uma altura de 20 cm, com exceção da camada de terra vegetal, com 40 cm, para o estabelecimento de vegetação de maior porte.

As paredes e o fundo serão de concreto impermeável, evitando-se o risco de contaminação do lençol freático.

A Figura 53 ilustra o modelo básico de um leito de evapotranspiração com as camadas de granulometria variada.

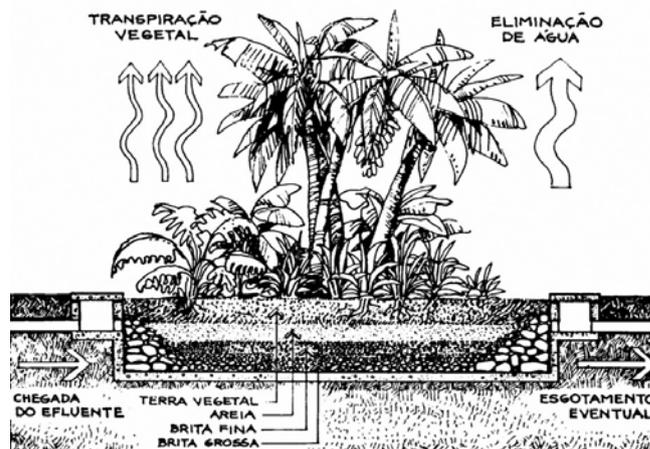


Figura 53 – Leito de evapotranspiração
Fonte: MASCARÓ (1991)

5.5.6.6 Lagoa de estabilização

Apesar de o leito de evapotranspiração constituir um eficiente sistema final no esquema geral do esgoto, optou-se por acrescentar uma lagoa de estabilização por motivos paisagísticos, ou seja, para oferecer uma ambientação mais harmônica ao lote.

As lagoas de estabilização funcionam, de modo geral, da seguinte forma: os efluentes são depositados e mantidos durante determinado número de dias, onde o simples contato com o ar e os raios solares atuam na digestão dos esgotos pela criação de algas microscópicas em seu interior (MASCARÓ, 1991).

A lagoa de estabilização que atenderá às três unidades do Horto de Alvorada receberá o excesso

de água do leito de evapotranspiração e contribuirá, em sua saída, para a irrigação das hortas domésticas do tipo mandala.

5.5.7 Secador solar de alimentos (folhas e frutos)

O secador solar de alimentos proposto para o horto do município de Alvorada constitui um equipamento de baixo custo para ser utilizado na desidratação de frutos e folhas.

A secagem ou desidratação dos frutos permite armazenar e conservar o excedente que for produzido no lote, utilizando-se um sistema solar com baixíssimo custo energético.

5.5.7.1 Princípios gerais

O sistema se baseia na coleta e no aquecimento solar do ar e sua circulação entre os frutos ou folhas, promovendo sua desidratação por meio da evaporação da água e de algumas substâncias voláteis constituintes dos produtos.

Seymour (1986) descreve o funcionamento de um secador, o qual foi adaptado para o lote do Horto de Alvorada.

Na Figura 54 podem ser observados os seguintes componentes:

- 1) tabuleiro regulável;
- 2) fundo pintado de preto;
- 3) placa de vidro;
- 4) camada de pedras e telas com os frutos e folhas; e
- 5) abertura regulável para permitir ou barrar a saída do ar aquecido.

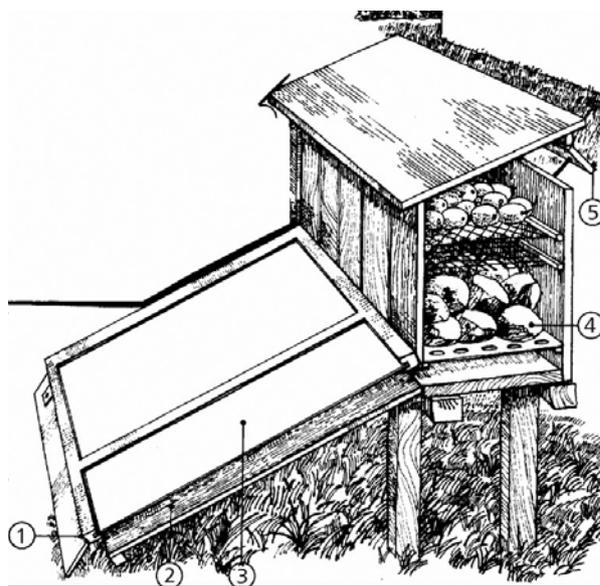


Figura 54 – Secador solar
Fonte: Seymour (1986)

No Rincão Gaia, em Pântano Grande, encontra-se implantado um modelo de secador similar a um móvel, do tipo gaveteiro. Os frutos e folhas são dispostos nas gavetas, que possuem um fundo de tela, permitindo a passagem do ar aquecido entre os alimentos. A foto do secador solar do Rincão Gaia está inserida na Figura 55, onde pode ser notada a semelhança de desenho com o do secador proposto por Seymour.

Em Embrater (1980), encontram-se detalhadas as bandejas de um secador de frutos ao ar livre. As principais recomendações definem que as dimensões das bandejas devem ser de 35 cm x 60 cm, para facilitar sua manipulação, e possuir as mesmas dimensões para possibilitar o empilhamento. O fundo

das bandejas deve ser de tela, para permitir a passagem do ar, e é recomendável que essas bandejas ou gavetas possuam paredes laterais para evitar a queda de seu conteúdo.



Figura 55 – Secador solar do Rincão Gaia
Foto: Luciana Miron

5.5.7.2 Diretrizes adotadas para o secador solar do Horto de Alvorada

Para o Horto de Alvorada, foi proposto um modelo de secador solar adaptado de Seymour (1986) e do Rincão Gaia, seguindo os critérios citados pela Embrater (1980).

O secador solar de frutos será composto de um painel com lâmina de vidro, fundo pintado de preto e compartimento dos frutos e folhas. Nesse compartimento os frutos e folhas serão colocados em gavetas,

de maneira semelhante a do Rincão Gaia, com fundo de tela seguindo as dimensões recomendadas pela Embrater (1980).

Optou-se por colocar uma abertura na parte de baixo do gaveteiro, para a limpeza e retirada de resíduos gerados pelo manuseio dos frutos.

5.5.8 Composteira

A composteira é um recipiente no qual se prepara o composto orgânico.

Os agricultores europeus do século XIX usavam o esterco de curral para conseguir produtividade superior na agricultura. Acredita-se que o composto orgânico começou a ser estudado antes da Primeira Guerra Mundial, na Índia, por um cavalheiro britânico que registrou as virtudes do composto e realizou diversas experiências na antiga colônia inglesa (ASSIS, 1991).

No entanto, o composto orgânico existe desde o surgimento dos vegetais, pois qualquer vegetal que se deposite no solo e se decompõe de forma aeróbia dá origem ao composto orgânico.

5.5.8.1 Princípios gerais

O essencial para o desenvolvimento do composto orgânico é a presença de bactérias e substâncias ricas em nitrogênio, em contato com a matéria vegetal, acelerando sua decomposição. Complementando a mistura, o calor e a umidade contribuem de forma decisiva. A umidade estimula a multiplicação de bactérias, e o calor produz as alterações físicas na matéria (ASSIS, 1991).

Um fator decisivo na qualidade de um composto é o emprego de minhocas adicionadas ao composto, para produção de húmus. O húmus é um produto orgânico, inodoro e finamente granulado. Ele é um produto da digestão do composto pelas minhocas, que resulta um produto muito rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, além de micronutrientes como zinco, ferro e cobre, entre outros (VIEIRA, 1986).

Alguns critérios para a localização da composteira são:

- a) o local deve ficar, no mínimo, a 20 m de poços e fontes de água, para evitar a contaminação por infiltração ou escurrimento do chorume;
- b) construir a composteira próximo ao local onde o húmus será usado;
- c) deve ficar em área plana e não sujeita a alagamentos.

A utilização de dois compartimentos em uma composteira é muito conveniente, pois se pode intercalar o seu uso, empregando o conteúdo de um, enquanto o outro sofre o processo de maturação.

5.5.8.2 Diretrizes adotadas para a composteira do Horto de Alvorada

Optou-se por utilizar os mesmos tijolos das paredes da unidade habitacional, com as juntas não argamassadas, seguindo o modelo do Rincão Gaia.

O formato da composteira é circular, com dois compartimentos e um espaço interno para o plantio de um limoeiro. A função do limoeiro é absorver o chorume originado das alterações físicas e químicas do composto.



Figura 56 – Composteira construída no Rincão Gaia, com dois compartimentos
Foto: Luciana Miron

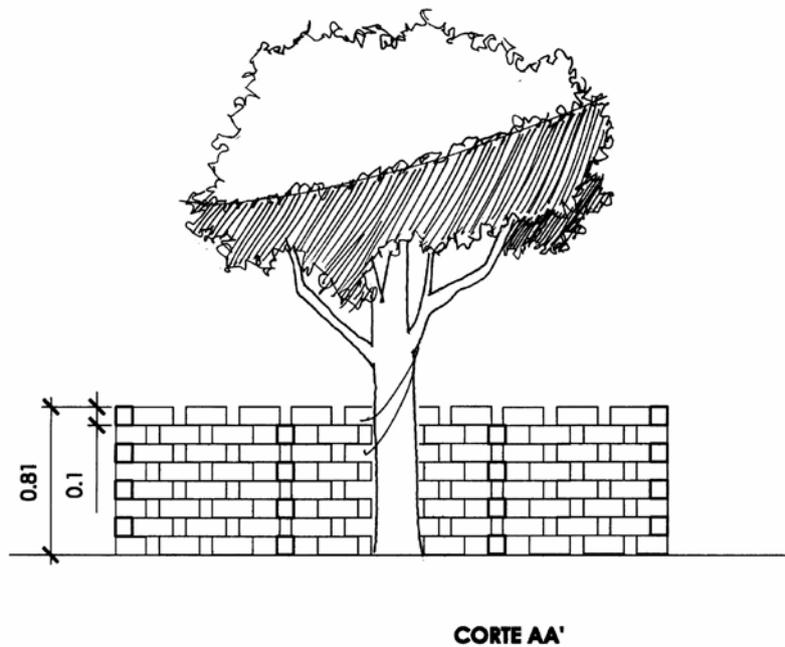
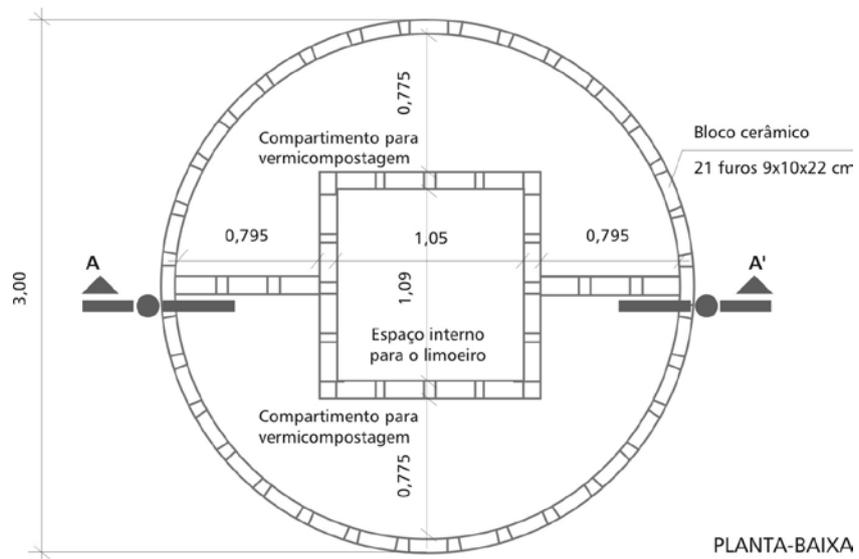


Figura 57 – Detalhamento da composteira proposta

Apêndices

Apêndice A - Memorial descritivo

1 Protótipo Alvorada

Residência unifamiliar composta de 2 quartos, sala e cozinha conjugados, 1 banheiro universal, área de serviço, constituindo 48,5 m² de área construída, pé-direito variável, conforme figuras da seção 5.5. Prevista ampliação, para constituição de uma oficina de trabalho de 7,40 m² de área útil, conforme a Figura 33.

2 Paredes externas e internas

Paredes de meio tijolo e pilastras (reforços das paredes), ambos feitos com tijolos cerâmicos maciços, de dimensões 5,5 cm x 11 cm x 23 cm, assentados com argamassa de assentamento de traço 1:2:9 (cimento, cal, areia) em volume, resultando numa capacidade portante de 4 kgf/cm². As fiadas de assentamento, bem como a modulação, devem ser feitas conforme a Figura 58.

3 Cobertura

Cobertura de duas águas, e a parte da água orientada para o norte, que se situa sobre a varanda, não recebe ripamento nem telhas, constituindo um pergolado de 1,15 m x 3,05 m. Todas as faces dos caibros da estrutura de cobertura devem receber testeiros de madeira.

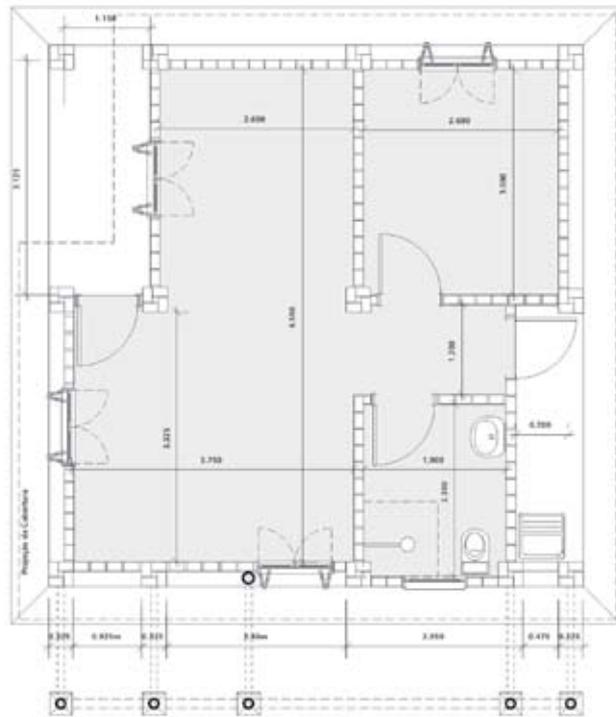
Apoiada sobre uma cinta de amarração em concreto fck 15 MPa, nas dimensões de 10 cm x 25

cm, conforme a Figura 60, compõem-se em madeira de reflorestamento (*Eucalyptus citriodora*) serrada, nas dimensões para terças 6 cm x 16 cm, caibros de 5 cm x 6 cm, ripas de 1,5 cm x 5 cm e telhas cerâmicas do tipo romana. O forro deve ser colocado entre as terças, pregado na face inferior dos caibros. Chapas de *offset* recicladas devem ser pregadas sobre os caibros, com a função de isolamento térmico. Os beirais não devem ter forro, para permitir a ventilação da cobertura, devendo ser protegidos contra a entrada de insetos e aves, com a colocação de uma tela de trama fina. Para a substituição da madeira serrada pela madeira roliça, deverão ser obedecidas duas condições: a área da seção substituída deve ser igual à do quadrado inscrito na peça circular; e o lado desse quadrado inscrito deve ser maior ou igual à menor dimensão da seção transversal da peça original (por exemplo, para a substituição de uma peça de 5 cm x 10 cm por uma peça roliça, o quadrado inscrito na peça de seção circular deve ter área de 50 cm². Uma peça roliça de 8 cm de diâmetro, que inscreve um quadrado inscrito de 5,65 cm de lado, já seria suficiente para atender às duas condições). As peças de madeira da estrutura de cobertura devem ser tratadas por imersão com óleo queimado, obtido de postos de abastecimento de combustível.

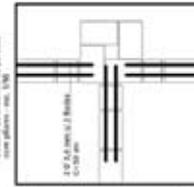
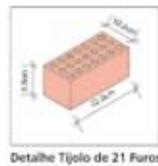
Deverão ser observados os detalhes de colocação de rufos metálicos (algeroz), para a proteção e a integridade da residência.

4 Revestimento

Revestimento de paredes - impermeabilizante em paredes com alvenaria de tijolos à vista, e argamas-



PLANTA BAIXA
Primeira Fiada de Tijolos - Esc.: 1:50



PLANTA BAIXA
Segunda Fiada de Tijolos - Esc.: 1:50

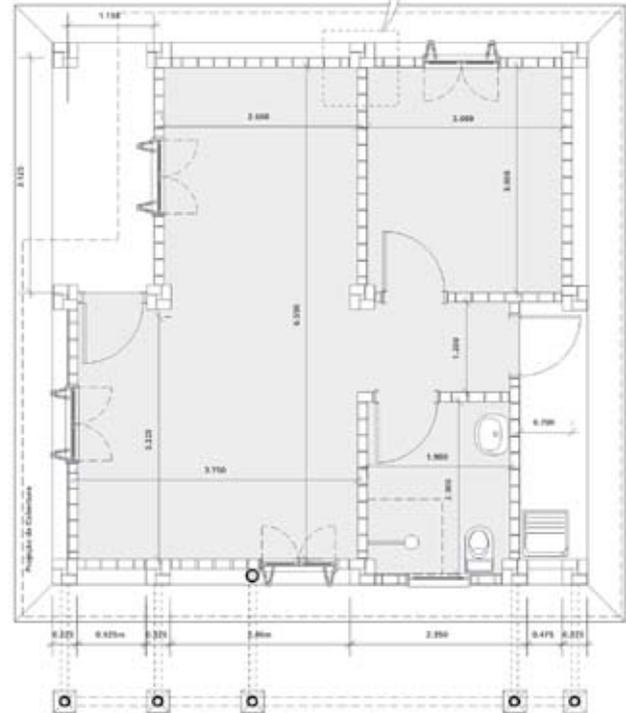


Figura 58 – Modulação das fiadas de assentamento dos tijolos

sa de revestimento, de traço 1:2:9 (cimento, cal, areia) em volume, com acabamento em pintura epóxi, nas paredes do banheiro, e pintura látex PVA, nas demais. As cores definidas para as paredes com revestimento são amarelo, para as internas, e branco, para as externas.

Revestimento de pisos - cimento alisado e detalhes em cacos de cerâmica alto tráfego antiderrapante, formando mosaicos, conforme a Figura 60.

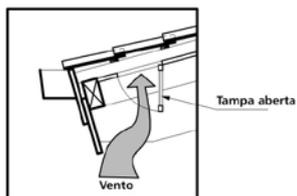
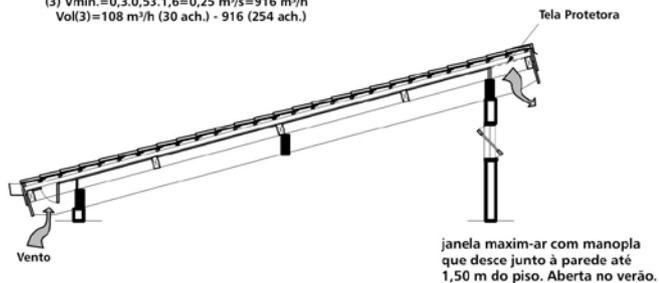
VENTILAÇÃO DO FORRO - Hipóteses de dimensionamento do colchão de ar - Esc.: 1:50

SITUAÇÃO VERÃO - Esc.: 1:50

Considerando 3 áreas*:

Vol(1)=1,77 m³ Vol(2)=2,72 m³ Vol(3)=3,6 m³
vent. - SUCÇÃO (E, ESE, SE)
o pico=2,6 m/s o min.=1,6 m/s (pior condição)

(1) V_{min.}=0,3.0,26.1,6=0,12 m³/s=449 m³/h
Vol(1)=53,1 m³/h (30 ach.) - 449 (253 ach.)
(2) V_{min.}=0,3.0,4.1,6=0,19 m³/s=691 m³/h
Vol(2)=81,6 m³/h (30 ach.) - 691 (254 ach.)
(3) V_{min.}=0,3.0,53.1,6=0,25 m³/s=916 m³/h
Vol(3)=108 m³/h (30 ach.) - 916 (254 ach.)



Para verão:
O telhado deve ventilar através do forro.

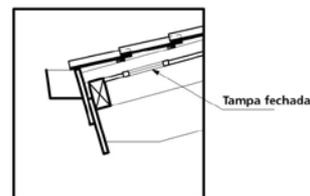
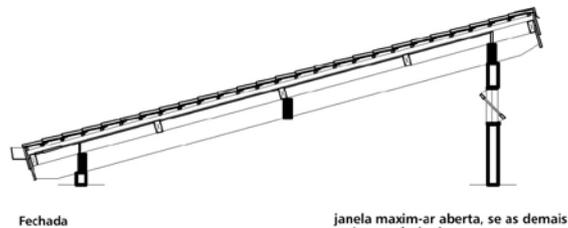
Área de abertura da tampa
(0,25 x 0,45) = 0,1 m²

SITUAÇÃO INVERNO - Esc.: 1:50

Considerando 3 áreas*:

Vol(1)=1,77 m³ Vol(2)=2,72 m³ Vol(3)=3,6 m³
vent. - PRESSÃO (W) - desfavorável
o pico=2,6 m/s (pior condição) o min.=1,0 m/s

(1) V_{min.}=0,6.0,26.2,6=0,41 m³/s=1460 m³/h
Vol(1)=53,1 m³/h (30 ach.) - 1460 (824 ach.)
(2) V_{min.}=0,6.0,4.2,6=0,62 m³/s=2246 m³/h
Vol(2)=81,6 m³/h (30 ach.) - 2246 (82 6ach.)
(3) V_{min.}=0,6.0,53.2,6=0,82 m³/s=2976 m³/h
Vol(3)=108 m³/h (30 ach.) - 2976 (827 ach.)



Para inverno:
O telhado deve estar isolado, evitando perdas de calor.
Aberturas fechadas.

128 Figura 59 – Detalhes de ventilação do telhado

5 Esquadrias

Janelas dos quartos e da cozinha: em madeira de eucalipto *citriodora*, com 1,00 m x 1,00 m, com quatro folhas de venezianas e duas folhas, para fechamento em vidro plano liso de 4 mm.

Janela do banheiro: em madeira de eucalipto *citriodora*, com 65 cm x 85 cm, do tipo *maxim-ar*.

Janelas superiores: em madeira de eucalipto,

com 150 cm x 50 cm cada, do tipo basculante, com puxador prolongado até a altura de 1,50 m.

As janelas devem receber pintura *stain*, para garantir a durabilidade e a proteção contra insetos e fungos.

Portas: em madeira pintada com *stain*, de coloração a definir. As portas externas devem ser maciças, e as internas, semi-ocas. As dimensões, para todas as

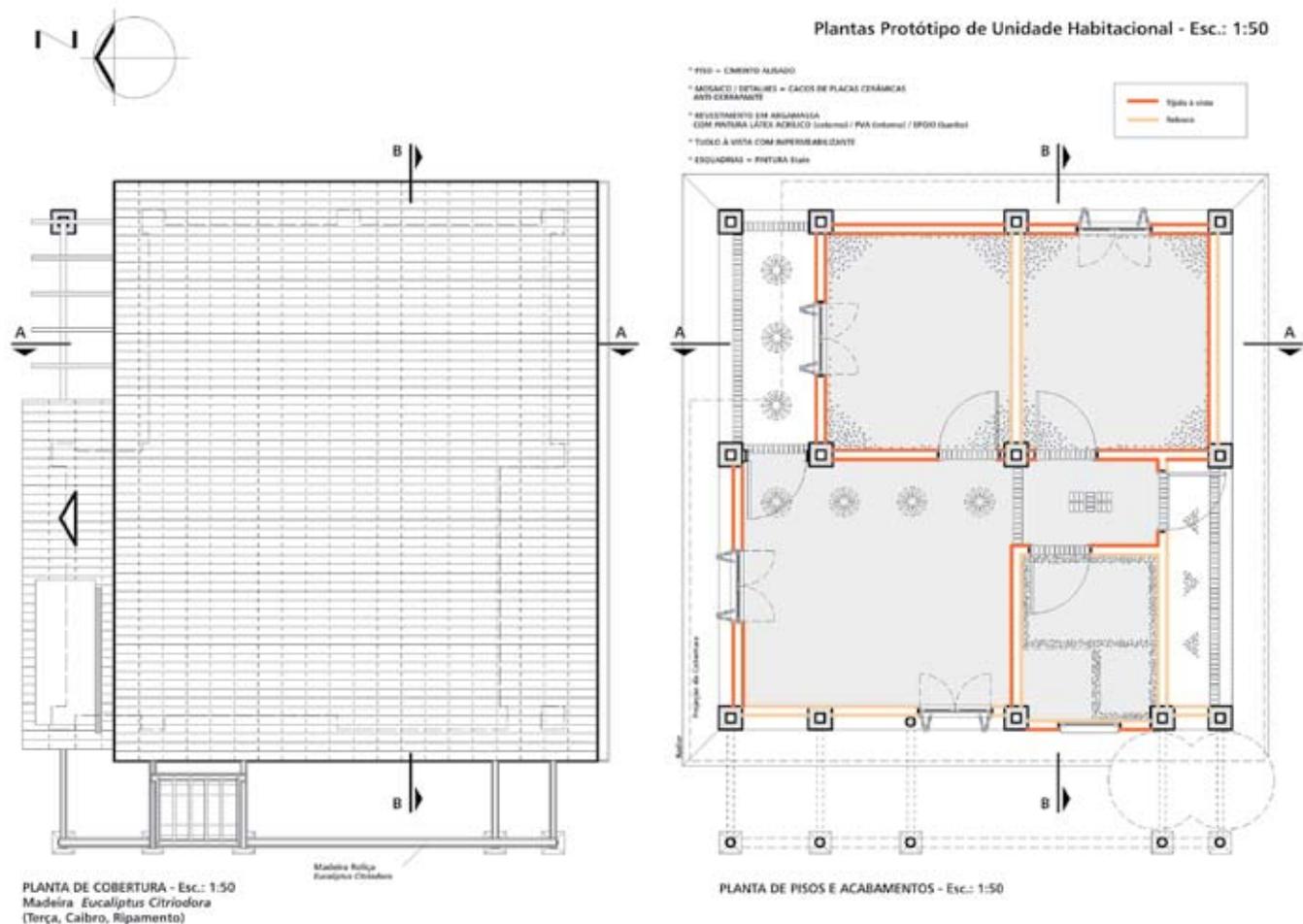


Figura 60 – Planta da cobertura e detalhes de pisos e seu acabamento

portas, deverão ser de 2,10 m x 0,80 m. Essa largura deverá ser seguida para todas as portas, para permitir a acessibilidade universal.

Sobre as esquadrias, as contravergas, que também têm a função de pingadeiras, devem ser feitas em tijolos à vista e assentadas perpendicularmente

ao sentido da parede, com uma pequena inclinação (elevações leste, norte e oeste).

6 Pergolados

Face oeste: deverão ser executados em madeira de eucalipto *grandis*, roliça, originada de refloresta-

mento manejado sustentavelmente, com diâmetro médio de 12 cm. A altura deve ser de 2,10 m, diferenciando-se somente no módulo de apoio do reservatório de água, do sistema de captação de energia solar (4 m).

Face norte: este pergolado é formado somente pela supressão do ripamento e das telhas, ficando os caibros e a viga à vista.

7 Banheiro universal

Devem ser fixados elementos auxiliares, para viabilizar sua utilização por portadores de deficiência física, sem a necessidade de recorrer a auxílio de terceiros.

Não deverá ser permitida a colocação de divisórias no *box* do chuveiro, bem como de degraus ou quaisquer obstáculos que dificultem a passagem de cadeira de rodas.

8 Espaços de circulação

Evitar a colocação de móveis, revestimentos, tapetes que dificultem a circulação de cadeiras de rodas, uma vez que o projeto contempla a liberdade de movimentação em toda a sua área.

Apêndice B - Reciclagem de entulho de obra

De acordo com os critérios de escolha dos materiais de construção para a execução do protótipo da Casa Alvorada, considerou-se, nesta proposta, a verificação da viabilidade de utilização de entulho proveniente da atividade de construção civil, para substituição parcial ou total do agregado para concreto e

argamassas, empregados no protótipo.

A reciclagem de entulho de obra pode proporcionar resultados positivos quanto a questões ambientais, através da diminuição da quantidade depositada em aterros, redução da produção de novos materiais e, em consequência, redução do consumo de energia e redução de custos e da poluição (emissão de poluentes como o CO₂).

A introdução no mercado de um novo material com grande potencial de uso agrega valor ao material entulho, possibilitando ainda a criação de novos empregos e a geração de renda.

Considerou-se, neste trabalho, como resíduos com potencial de uso: concreto, blocos cerâmicos e de concreto, resíduo de concretos, materiais provenientes de alvenarias, argamassas, telhas e pavimentos asfálticos.

Os elementos de concreto contidos na proposta do protótipo são:

- a) *radier*; e
- b) cinta de amarração/viga.

As argamassas utilizadas, por sua vez, dividem-se em:

- a) argamassa de assentamento; e
- b) argamassa de revestimento (reboco) interno e externo.

A viabilidade de utilização do entulho de obra como agregado reciclado deve seguir um conjunto de procedimentos, visto que a dificuldade de reaproveitamento do entulho de obra se deve, em grande parte, à variabilidade na sua composição.

Apêndice C - Orçamento dos materiais de construção

ORÇAMENTO CASA ALVORADA				
Item	Qtde	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
1. Fundação				
Brita (espessura 5 cm)	3	m ³	15,00	45,00
Plástico preto	64	m ²	3,00	192,00
Concreto (17 m ³)				
Brita	16	m ³	15,00	240,00
Areia	11	m ³	16,00	176,00
Cimento	102	saco (50 kg)	15,00	1.530,00
Armadura	554	kg	1,19	659,26
Total do item				R\$ 2.842,26
2. Alvenaria de Fechamento				
Parede de tijolos 150 m ²				
Tijolos	7	mil	60,00	420,00
Argamassa de assentamento (3,5 m ³)				
Areia	6	m ³	16,00	96,00
Cimento	19	saco (50 kg)	15,00	285,00
Cal	91	saco (20 kg)	3,90	354,90
Revestimento em argamassa (1,35 m ³)				
Cimento	7	saco (50 kg)	15,00	105,00
Areia	2,5	m ³	16,00	40,00
Cal	35	saco (20 kg)	3,90	136,50
Pintura (90 m ²)				
Tinta PVA	3	galão (3,6 litros)	12,00	36,00
Tinta acrílica	2	galão (3,6 litros)	31,00	62,00
Tinta em epóxi	2	galão (3,6 litros)	97,00	194,00
Total do item				R\$ 1.729,40

Item	Qtde	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
3. Supra-estrutura				
Formas para vigas cintas	31	m ²	8,72	270,32
Concreto	1,4	m ³		
Brita	1,3	m ³	15,00	19,50
Areia	1	m ³	16,00	16,00
Cimento	9	saco (50 kg)	15,00	135,00
Total do item				R\$ 440,82
4. Piso				
Cimento alisado	45	m ²	0,45	20,25
Total do item				R\$ 20,25
5. Cobertura				
Estrutura de madeira de eucalipto	3	m ³	300,00	900,00
Telha cerâmica romana	1,2	mil	299,00	358,80
Ferro de pinus (1,2 cm)	50	m ²	3,50	175,00
Total do item				R\$ 1.433,80
6. Esquadrias				
Porta interna semi-oca c/ batente (80 cm)	3	un	32,90	98,70
Porta externa c/ batente (80 cm)	2	un	150,00	300,00
Janela 2 folhas com veneziana (100x100 cm)	4	un	174,00	696,00
Janela <i>maxim-ar</i> (60x80 cm)	1	un	55,00	55,00
Janela 2 folhas com veneziana (100x150 cm)	2	un	256,00	512,00
Total do item				R\$ 1.661,70

Item	Qtde	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
7. Louças e metais				
Lavatório sem coluna	1	un	97,55	97,55
Bacia sanitária com caixa acoplada	1	un	87,94	87,94
Pia de cozinha	1	un	117,90	117,90
Tanque	1	un	103,31	103,31
Chuveiro elétrico	1	un	19,79	19,79
Torneira para lavatório	1	un	17,07	17,07
Torneira para pia da cozinha	1	un	18,79	18,79
Torneira para tanque	1	un	18,79	18,79
Total do item				R\$ 481,14
Total				R\$ 8.609,37

Fonte: Lojas de materiais de construção da região de Porto Alegre/RS, novembro de 1999

Considerações

Para a obtenção do custo relativo ao concreto para fundação e para a execução das vigas, foram estimadas as quantidades relativas a areia, brita e cimento, devendo ser necessariamente revisadas para a execução da unidade habitacional, considerando a substituição dos agregados por entulho de obra reciclado. Esse material possui característica diversificada, sendo necessária uma dosagem do concreto por um especialista (engenheiro civil).