

Sistema de Classificação Baseado na Terra da Associação Americana de Planejamento



Tabela 1: Atividade

ID do Lote	Atividade	Descrição
10-5-100	2100	compras
10-5-100	2200	restaurante
10-5-100	6600	social, religioso
10-5-100	2100	mobiliário
10-5-100	5210	estacionamento de autos
etc.	etc.	etc.

Tabela 2: Função

Função	Descrição
2110	vendas a varejo e serviços
2510	restaurante de serviço completo
6620	instituições religiosas
2121	mobiliário
5200	instalações de estacionamento
etc.	etc.

Tabela 3: Estrutura

ID do Lote	Estrutura	Descrição
10-5-100	2500	shopping center

Figura 13-5 A Associação Americana de Planejamento desenvolveu o "Padrão de Classificação Baseado na Terra" (Land-Based Classification Standard - LBCS), que contém definições detalhadas de uso do solo urbano/periurbano. O sistema incorpora informações levantadas em campo e através de técnicas de sensoriamento remoto. Esta é uma fotografia aérea com visada oblíqua de um shopping center em Ontario, CA. Atividades e códigos de estrutura hipotéticos associados com esse lote de grande porte são identificados. As tabelas de atributos com informação sobre a titularidade da propriedade imobiliária e a construção da obra não são apresentadas (cortesia de American Planning Association).

dados de sensores remotos orbitais para obter informação em nível de lote a respeito das cinco seguintes características: atividade, função, propriedade, sítio, estrutura (Figura 13-5) (American Planning Association, 2006). O sistema fornece um código e descrição únicos para quase toda a atividade de uso da terra de caráter comercial e industrial. O LBCS não fornece informação sobre as características de vegetação e cobertura da terra no ambiente urbano, uma vez que ele se baseia nos padrões do "Comitê Federal de Dados Geográficos" (*Federal Geographic Data Committee*) nesse âmbito. Os usuários são encorajados a se manterem atualizados a respeito do LBCS e a utilizarem-no em estudos urbanos intensivos, que requeiram códigos de classificação comercial e industrial detalhados.

"Sistema de Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra para Utilização com Dados de Sensores Remotos" do USGS

O "Sistema de Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra" do USGS (Anderson et al., 1976; USGS, 1992) foi especialmente concebido para ser "orientado a recursos" (cobertura da terra), em oposição a vários outros sistemas que são "orientados a pessoas ou a atividades" (uso da terra), tais como o "Manual Padrão de Codificação do Uso da Terra" (*Standard Land Use Coding Manual*). A lógica do USGS reside no fato de que, "embora houvesse a necessidade de um sistema de classificação de uso da terra orientado ao meio urbano, também havia a necessidade de um sistema de clas-

Tabela 13-3. Sistema de Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra do USGS para Utilização com Dados de Sensores Remotos (Anderson et al., 1976).

Nível de Classificação	
1 Solo Urbano ou Construído	
11 Residencial	
12 Comercial e Serviços	
13 Industrial	
14 Transporte, Comunicação e Infraestrutura	
15 Complexos Industriais e Comerciais	
16 Uso Urbano ou Construído Misto	
17 Outros Usos do Solo Urbano ou Construído	
2 Terra Agrícola	
21 Lavoura e Pasto	
22 Pomares, Bosques, Vinícolas, Horticultura Ornamental	
23 Criação de Animais Confinados (em Cativeiro)	
24 Outros Usos Agrícolas	
3 Pastagem	
31 Pasto de Gramíneas	
32 Pasto de Arbustos - Capocira	
33 Pasto Misto	
4 Florestas	
41 Florestas Decíduas	
42 Florestas Perenes	
43 Florestas Mistas	
5 Corpos d'Água	
51 Rios e Canais	
52 Lagos	
53 Reservatórios	
54 Baías e Estuários	
6 Terras Alagáveis	
61 Terras Alagáveis Florestadas	
62 Terras Alagáveis Não-Florestadas	
7 Terra Estéril	
71 Salinas	
72 Praias	
73 Outras Áreas Arenosas (além de Praias)	
74 Afloramento Rochoso	
75 Minas a Céu Aberto, Pedreiras, Jazidas de Cascalho	
76 Áreas de Transição	
77 Terra Estéril Mista	
8 Tundra	
81 Tundra Arbustiva e Arbórea	
82 Tundra Rasteira	
83 Tundra de Solo Exposto	
84 Tundra Alagável	
85 Tundra Mista	
9 Neve Perene ou Geleiras	
91 Campos de Neve Perenes (Regiões Polares ou Montanhosas)	
92 Geleiras	

Tabela 13-4. Residencial Urbano, Comercial e Serviços - Níveis I e II do Sistema de Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra do USGS para Utilização com Dados de Sensores Remotos. Os Níveis III, IV e V são extensões lógicas.

Nível de Classificação	
1 Solo Urbano ou Construído	
11 Residencial	
111 Residencial Unifamiliar	
1111 Casa, casa-barco, cabana, tenda	
1112 Casa motorizada (trailer)	
112 Residencial Multifamiliar	
1121 Duplex	
1122 Triplex	
1123 Complexo de apartamentos ou Condomínio (4 ou mais unidades geminadas)	
1124 Parque de casas motorizadas (trailers)	
12 Comercial e Serviços	
121 Comercial	
1211 Automotivo (carros, caminhões, motocicletas)	
12111 Venda/revenda	
12112 Posto de abastecimento de combustível	
12113 Cemitério automotivo (ferro-velho)	
12114 Serviço ou reparo	
1212 Barco	
12121 Venda/revenda	
12122 Marina	
12123 Serviço ou reparo	
1213 Hipermercado/Loja de Departamento	
12131 Hipermercado ou loja de departamento isolada (p.ex., WalMart, Americanas)	
12132 Shopping center	
1214 Setor Financeiro e Construção	
12141 Bancos e Serviços Financeiros	
12142 Seguradora	
12143 Imobiliária	
12144 Construtora	
1215 Alimentos e Remédios	
12151 Drogeria	
12152 Mercado	
12153 Restaurante	
1216 Funeral	
12161 Necrotério	
12162 Cemitério - mausoléu	
1217 Habitação (temporária)	
12171 Hotel	
12172 Motel	
12173 Camping	
1218 Construção e Jardinagem	
1219 Recreação (pública e privada)	
12191 Parques de diversão (p.ex., pistas de cart, mini-golfe)	
12192 Beisebol	
12193 Futebol americano/futebol/pista de corrida	
12194 Golfe	
12195 Natação	
12196 Estádios (multifinalitários)	
12197 Tênis	
12198 Cinema (salas múltiplas e drive-in)	
1220 Infraestrutura	
12201 Gás - eletricidade	
12202 Água - esgoto	

Tabela 13-4. Continuação

12203 Tratamento de efluentes [sólido (p.ex., aterro sanitário) ou líquido]
1221a Armazéns/Transporte de Cargas
122 Serviços (Públicos e Privados)
1221 Edifícios e Instalações Públicas
12211 Administração
12212 Educação
122121 Fundamental (1ª à 4ª série)
122122 Fundamental (5ª à 9ª série)
122123 Ensino médio
122124 Universidade ou faculdade
12213 Bombeiro, Polícia, Resgate
12214 Academias de ginástica (fitness centers)
12215 Biblioteca
12216 Correios
12217 Parques
1222 Área Médica
12221 Hospital
12222 Consultórios e clínicas médicas
1223 Religião (igrejas e templos)

sificação orientado a recursos, cuja ênfase primordial seria os 95% de áreas não-urbanas restantes nos Estados Unidos". O sistema de classificação do USGS foi desenvolvido para ser alimentado primariamente pela interpretação de dados de sensores remotos obtidos em várias escalas e resoluções (Figura 13-4; Tabela 13-2) e não dados coletados em campo. O sistema USGS responde a essa necessidade com oito das nove categorias do Nível I, as quais tratam de áreas não enquadradas nas categorias *urbana* e *área construída* (Tabelas 13-3 a 13-6). O sistema de classificação foi inicialmente concebido para incluir dados de uso da terra visualmente fotointerpretados, embora tenha sido amplamente utilizado para estudos de classificação baseados em dados digitais de sensoriamento remoto multiespectral.

Ainda que o "Sistema de Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra do USGS" não tenha sido, a princípio, elaborado exclusivamente para incorporar informações detalhadas de atributos urbanos, ele tem sido, contudo, extensivamente usado para estudos do uso do solo intraurbano por mais de duas décadas. Normalmente, isso é feito por meio do refinamento do sistema com a adição das definições detalhadas de classes nos Níveis III, IV e V, conforme mostrado nas Tabelas 13-4 a 13-6. A utilidade do sistema modificado é a de que ele pode ser adaptado para incluir tantos níveis quanto desejados, permanecendo no entanto compatíveis com os dados de uso e cobertura da terra dos Níveis I e II do sistema USGS, compreendidos por cidades, macrorregiões, estados ou países. Por exemplo, a Tabela 13-7 documenta como o "Sistema de Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra para Utilização com Dados de Sensores Remotos" foi modificado para incluir 22 classes para a "Caracterização Nacional da Cobertura da Terra"

Tabela 13-5. Classificação de Uso do Solo Urbano Industrial - Níveis I e II do Sistema de Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra do USGS para Utilização com Dados de Sensores Remotos. Os Níveis III, IV e V são extensões lógicas.

Nível de Classificação	
13 Industrial	
131	Extração
1311	Dragagem
13111	Areia e cascalho
13112	Mineração de depósitos de aluvião de ouro, platina e diamantes
1312	Mineração a céu aberto por escavação (Lavra em cava)
13121	Cobre
13122	Jazida de cascalho - pedra
13123	Minério de ferro
13124	Sal
1313	Mineração subterrânea (Lavra subterrânea)
13131	Bauxita
13132	Carvão
13133	Chumbo
13134	Calcário
1314	Mineração de superfície (Lavra em tiras ou fatias)
13141	Carvão
13142	Folhelho (rocha sedimentar com grande quantidade de matéria orgânica)
1315	Poços
13151	Petróleo
13152	Gás natural
13153	Água
1316	Campos de corte
13161	Exploração madeireira por desmatamento extensivo ou desbaste seletivo
1317	Pilhas de resíduos de dragagem ou escavação
132	Processamento
1321	Mecânico
13211	Refinamento de grãos
13212	Alumínio
13213	Usina Hidrelétrica
13214	Concentração de minérios
13215	Tratamento de esgoto
13216	Usina sucroalcooleira
13217	Têxtil
13218	Serralheria
13219	Tratamento e purificação de água
1322	Químico
13221	Cloro e soda cáustica
13222	Fertilizantes
13223	Aterro químico
13224	Refinaria de petróleo
13225	Farmacêutica
13226	Magnésio e compostos
13227	Têxtil (sintéticos)
13228	Tratamento de madeira
1323	Térmico
13231	Carbureto de cálcio
13232	Cimento
13233	Produtos cerâmicos
13234	Cobre fundido
13235	Vidro
13236	Ferro e aço
13237	Chumbo

Tabela 13-5. Continuação

13238	Calcário
13239	Usinas nucleares
13240	Usina termelétrica
13241	Zinco
133	Fabricação
1331	Pesada
13311	Maquinário pesado (escavadeiras, etc.)
13312	Manufatura e reparo de maquinário ferroviário
13313	Construção de navios
13314	Fabricação de aço estrutural
1332	Leve
13321	Montagem de aeronaves
13322	Montagem de automóveis (p.ex., carros, caminhões, motocicletas)
13323	Construção e reparo de barcos
13324	Enlatados
13325	Elétrônicos
13326	Construção (pré-fabricados)
13327	Frigoríficos
13328	Produtos plásticos

(*National Land-Cover Characterization*), baseadas em uma produção contínua da "Base de Dados Nacional de Cobertura da Terra" (*U.S. National Land-Cover Dataset - NLCD*), obtida a partir do Landsat Thematic Mapper e outros dados. Muitas das classes do Nível II são mais bem extraídas usando-se fotografia aérea (USGS, 2006).

As mesmas classes também são usadas pelo "Centro de Serviços Costeiros da Agência Nacional Americana de Administração dos Oceanos e Atmosfera" (*Coastal Services Center - National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA*) na criação dos produtos do "Programa de Análise de Mudanças Costeiras" (*Coastal Change Analysis Program - C-CAP*). Esses produtos incluem a cobertura da terra para os dados disponíveis mais atuais, uma retrospectiva da cobertura da terra nos últimos cinco anos, bem como a documentação das mudanças entre duas datas consecutivas (NOAA, 2004).

Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra (Níveis I a IV) com o Uso de Dados de Sensores Remotos

A relação geral entre os Níveis (I – IV) do "Sistema de Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra do USGS" e a resolução espacial nominal de um dado sistema sensor (resolução em distância no solo, em metros) foi apresentada na Figura 13-4. De modo geral, as classes do Nível I do USGS podem ser efetivamente inventariadas usando-se sensores com resolução espacial nominal de 20 – 100 m, como o Landsat Multispectral Scanner (MSS) com 79 x 79 m de resolução espacial nominal, o Thematic Mapper (TM) com 30 x 30 m, o SPOT HRV XS com 20 x 20 m, o indiano LISS 1-3 (72,5 x 72,5 m; 36,25 x 36,25 m; 23,5 x 23,5 m,

Tabela 13-6. Transporte Urbano, Comunicações, Serviços de Infraestrutura e Complexos Industriais/Comerciais – As classes dos Níveis I e II são do Sistema de Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra do USGS para Utilização com Dados de Sensores Remotos. Os Níveis III, IV e V são extensões lógicas.

Nível de Classificação

14 Transporte, Comunicações e Serviços de Infraestrutura

141 Transporte

- 1411 Vias e Autoestradas
 - 14111 Não-pavimentadas
 - 14112 Pavimentadas
 - 14113 Acesso controlado (autoestrada, estrada com pedágios)
 - 14114 Anel rodoviário
 - 14115 Estacionamento
 - 14116 Ponte
- 1412 Ferrovias
 - 14121 Trilho
 - 14122 Pátio de manobras de trens
 - 14123 Terminal ou estação
 - 14124 Ponte
- 1413 Aeroportos
 - 14131 Pista de taxiamento, pouso e decolagem
 - 14132 Hangar
 - 14133 Terminal
 - 1414 Barcos/Navios

142 Comunicações

- 1421 Placa, outdoor
- 1422 Rádio/Televisão/Cabo

143 Serviços de Infraestrutura

- 1431 Eletricidade
- 1432 Gás natural
- 1433 Petróleo
- 1434 Água

15 Complexos Industriais e Comerciais

- 151 Complexo industrial (parque)
- 152 Complexo comercial (shopping center)

16 Uso Urbano ou Construído Misto

17 Outros Usos do Solo Urbano ou Construído

respectivamente), e o sino-brasileiro CBERS-2B CCD com 20 x 20 m. Certamente, qualquer sistema sensor com elevada resolução espacial pode ser usado para adquirir dados do Nível I. A Prancha Colorida 13-2 apresenta informação de cobertura da terra urbana e não urbana do Nível I para três regiões na porção central de Charleston, SC, extraída de dados Landsat MSS adquiridos em seis datas distintas, de 14 de fevereiro de 1975 a 3 de fevereiro de 1994. Para projetos globais, a cobertura da terra do Nível I pode ser extraída a partir de imagens com resolução espacial mais grosseira (p.ex., AVHRR com 1,1 x 1,1 km; MODIS com 250 x 250 m ou 500 x 500 m) (p.ex., Giri et al., 2005).

Assinaturas de reflectância espectral características de alvos urbanos encontram-se resumidas na Figura 13-6. Tipicamente, a cobertura referente à área urbana aparece como

Tabela 13-7. Sistema de Classificação de Uso da Terra/Cobertura da Terra do USGS para Utilização com Dados de Sensores Remotos modificado pela Base de Dados Nacional de Cobertura da Terra e pelo Programa de Análise de Mudanças Costeiras da NOAA (NOAA, 2006).

Nível de Classificação	
1	Corpos d'Água
	11 Águas Marítimas
	12 Geleiras/Neve
2	Terra Desenvolvida
	21 Residencial de Baixa Densidade
	22 Residencial de Alta Densidade
	23 Comercial/Industrial/Transporte
3	Terra Estéril
	31 Afloramento Rochoso/Areia/Argila
	32 Pedreiras/Minas a Céu Aberto (Lavra em Cava)/Minas de Superfície (Lavra em Tiras)
	33 Áreas de Transição
4	Florestas de Terra Firme
	41 Florestas Decíduas
	42 Florestas Perenes
	43 Florestas Mistas
5	Vegetação Arbustiva
	51 Vegetação Arbustiva
6	Cobertura Vegetal Não-Natural
	61 Pomares/Vinícolas, Outras
7	Vegetação Rasteira Natural/Seminatural de Terra Firme
	71 Campos Naturais/ Vegetação Herbácea
8	Vegetação Herbácea Plantada/Cultivada
	81 Pastagem/Feno
	82 Culturas em Fileiras
	83 Plantações de Cereais de Pequeno Porte
	84 Pousio
	85 Urbano/Recreação
	86 Gramíneas
9	Terras Alagáveis
	91 Florestas de Várzea
	92 Planícies de Inundação

cinza-claro em imagens de composição colorida (bandas do visível) e falsa-cor (uso da banda do infravermelho para caracterização da vegetação) porque a superfície urbana, consistindo basicamente de vias de concreto e asfalto, áreas de estacionamento, telhas e solo exposto, reflete tipicamente altas parcelas do fluxo radiante incidente do verde, vermelho e infravermelho próximo. A assinatura urbana cinza-claro contrasta fortemente com as superfícies vegetadas que aparecem em vermelho brilhante ou magenta em imagens coloridas e falsa-cor, porque a vegetação reflete quantidades substanciais da energia na faixa do infravermelho, ao mesmo tempo em que absorve consideravelmente a energia in-

Características de Reflectância Obtidas por um Espectrorradiômetro em Laboratório para Materiais Urbanos Comuns

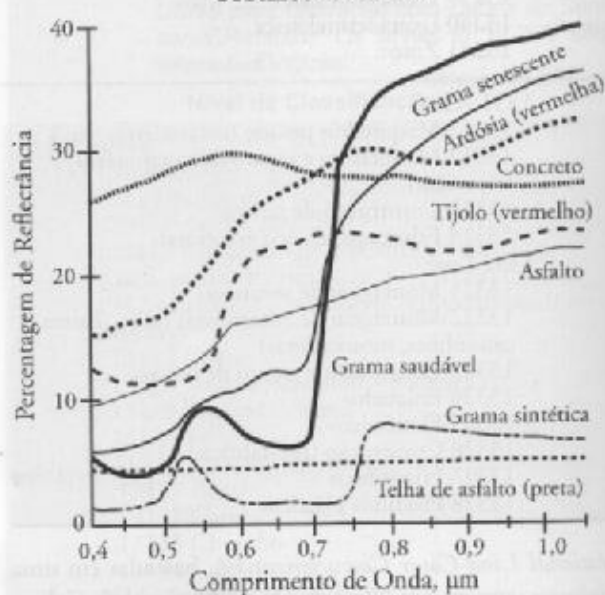


Figura 13-6 Curvas de percentual de reflectância para materiais comuns encontrados em ambientes urbanos. Os espectros de reflectância foram obtidos em um ambiente de laboratório controlado, usando um espectrorradiômetro GER 1500.

cidente nos comprimentos de onda do verde e do vermelho, conforme discutido no Capítulo 4. A água absorve a maior parte do fluxo radiante incidente, implicando na sua aparência escura em imagens falsa-cor, facilmente diferenciável da paisagem urbana. Composições coloridas do centro de Charleston, SC, com o uso de vários dos principais sistemas sensores são fornecidas no Capítulo 7.

Sensores com uma resolução espacial mínima de 5 – 20 m são geralmente necessários para obter informação do Nível II. O sistema sensor do SPOT 5 fornece dados multiespectrais com resolução de 10 x 10 m e dados pancromáticos com 5 x 5 m. O RADARSAT fornece dados com resolução espacial de 11 x 9 m para inventários de cobertura da terra nos Níveis I e II, mesmo em paisagens tropicais com a presença permanente de nuvens. O Landsat 7 ETM+ possui uma banda pancromática com resolução de 15 x 15 m.

Classes mais detalhadas do Nível III podem ser inventariadas usando-se um sensor com resolução espacial de aproximadamente 1 – 5 m, como o IRS-1CD pancromático (dados com 5,8 x 5,8 m reamostrados para 5 x 5 m); fotografia aérea de grande escala; IKONOS (1 x 1 m no pancromático; 4 x 4 m no multiespectral); QuickBird (0,61 x 0,61 m no pancromático; 2,44 x 2,44 m no multiespectral), OrbView 3 (1 x 1 m no pancromático; 4 x 4

m no multiespectral), e HRC do CBERS-2B (2,7 x 2,7 no pancromático). O uso sinérgico dos dados pancromáticos de alta resolução espacial (p.ex., 1 x 1 m), fusionados com dados multiespectrais de resolução mais baixa (p.ex., 4 x 4 m), fornece um ambiente de interpretação de imagens superior ao uso de dados pancromáticos isoladamente (Gamba et al., 2003; Jensen, 2005).

A informação cadastral (limite de lotes e propriedades imobiliárias em geral) e de classes do Nível IV é mais bem monitorada com o uso de sensores pancromáticos de alta resolução espacial, incluindo os dados pancromáticos com resolução de 0,61 x 0,61 m do QuickBird, fotografias aéreas analógicas estereoscópicas ($\leq 0,25 - 1$ m) e imagens de câmeras digitais estereoscópicas [p.ex., Leica GeoSystems Airborne Digital Sensor ADS40 ($\leq 5 \times 5$ cm)].

As classes urbanas de uso da terra e cobertura da terra dos Níveis I ao IV possuem requisitos de atributos temporais que variam de 1 – 10 anos (Tabela 13-1 e Figura 13-2). Todos os sensores mencionados apresentam resoluções temporais inferiores a 55 dias, de modo que a resolução temporal dos atributos de uso da terra/cobertura da terra é atendida pelos sistemas sensores atuais e previstos.

Conforme exposto anteriormente, as paisagens urbanas são notoriamente complexas (Ridd, 1995; Small, 2001, 2004). Embora uma simples informação binária do tipo "urbano/não-urbano" seja valiosa para determinar as tendências de crescimento (p.ex., Prancha Colorida 13-2), ela não fornece o nível de detalhe sobre o uso da terra/cobertura da terra necessário para decisões consistentes. Portanto, é aconselhável o fornecimento de detalhes adicionais sobre a extração das seguintes informações de uso do solo urbano a partir de dados de sensores remotos:

- habitação residencial
- comércio e serviços
- atividades industriais
- infraestrutura de transporte
- comunicações e outros serviços públicos/privados.



Uso do Solo Residencial

Em quase todas as culturas, o lar/casa é a posse mais importante que uma pessoa adquire ao longo de sua vida. Ele abriga a família e normalmente representa o maior investimento econômico de uma unidade domiciliar. O inventá-

rio da localização, tipo, condição e número de residências é uma das mais importantes tarefas desempenhadas com o uso de dados de sensores remotos. A discriminação entre os usos do solo residencial, comercial, industrial e de transporte do Nível II requer um sistema sensor com uma resolução espacial de 5 – 20 m. A identificação das classes de uso do solo residencial do Nível III requer uma resolução espacial de 1 – 5 m (Tabela 13-1; Figura 13-4).

Antes de investigar como o uso do solo residencial aparece em dados de sensores remotos, é importante apresentar o conceito de *forma e função*. Basicamente, a função de uma edificação frequentemente dita a sua forma. De fato, comumente se afirma que "a forma segue a função" ou "a forma é ditada pela função". Por exemplo, a necessidade de abrigar uma única família normalmente resulta na criação de uma unidade habitacional individualizada, composta de vários cômodos justapostos (isto não é verdade no distrito empresarial central das cidades norte-americanas, apenas nos seus subúrbios). De forma inversa, uma indústria que produz aço acabado requer tipicamente uma instalação ampla, linear (*forma*), que possa abrigar as sucessivas atividades de processamento do aço (*função*). Um analista de imagem, no entanto, deve ser cuidadoso, porque o uso de uma edificação pode mudar ao longo do tempo. Assim, o conhecimento sobre o histórico de ocupação das edificações em uma região é de suma importância.

Residências Unifamiliares versus Residências Multifamiliares

Uma residência unifamiliar encontra-se separada ou destacada de qualquer outra estrutura habitacional. Em países desenvolvidos, esse tipo de residência usualmente apresenta um único acesso para veículos, um acesso para pedestres que conduz à porta frontal, um jardim na frente, um jardim nos fundos (normalmente delimitado por muros ou cercas), bem como uma garagem ou vaga para carros. Geralmente, a residência possui no máximo três pavimentos. Várias residências unifamiliares em Richmond, CA, encontram-se em fase de construção da estrutura do telhado na Figura 13-7a. Residências unifamiliares completamente integradas à paisagem em Boca Raton, FL, e em San Diego, CA, são apresentadas na Figura 13-7b,c. Casas motorizadas (trailers) em países desenvolvidos são frequentemente muito menores que outras residências unifamiliares (aproximadamente 5 m de largura e 10 m de comprimento), raramente possuem uma garagem (mas podem apresentar uma vaga para veículo), e podem ou não possuir um acesso pavimentado para autos ou pedestres (Figura 13-7d). Em países em desenvolvimento, residências unifamiliares podem consistir de um edifício, um barraco/casebre, uma