

5 MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

5.1 Caracterização de soluções existentes

O diagnóstico da situação do manejo de águas pluviais (MAP) no país consistiu em duas etapas distintas:

- Retrato das localidades visitadas e das situações regionais relatadas nas oficinas e complementado pelos dados censitários, compondo a análise situacional do MAP em meio rural.
- Estabelecimento de tipologias de domicílios, a fim de se definir e quantificar as tecnologias a serem adotadas.

Com base no diagnóstico das localidades visitadas pelas equipes do PNSR, percebeu-se que as estruturas de drenagem nas comunidades são inexistentes. Com relação aos problemas propriamente relacionados ao manejo de águas pluviais, foram citados os alagamentos por deficiência ou falta de infraestrutura de drenagem, as inundações e enchentes. Entretanto, esses problemas não foram classificados como graves ou frequentes pela população.

Os problemas com interface com o manejo de águas pluviais mais frequentemente apontados e passíveis de atuação através da componente MAP são relacionados à dificuldade de acesso durante o período chuvoso, em razão de alagamento e/ou danos nas vias e problemas de empoçamento que levam à proliferação de vetores.

A manipulação dos dados censitários do IBGE iniciou-se com o levantamento das variáveis avaliadas que pudessem se relacionar ao Manejo das Águas Pluviais. As variáveis 1, 2 e 3 foram encontradas em IBGE (2011) e as variáveis 4, 5 e 6 pelo recenseador, conforme descrito em IBGE (2011):

1. Domicílios particulares permanentes;
2. Moradores em domicílios particulares permanentes;
3. Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da chuva armazenada em cisterna;
4. Domicílios particulares permanentes com pavimentação;
5. Domicílios particulares permanentes com meio-fio/guia;
6. Domicílios particulares permanentes com bueiro/boca de lobo.

A metodologia da pesquisa e busca de dados referente a cada variável que influencia no MAP é descrita a seguir:

- **Pavimentação:** Pesquisou-se, no trecho do logradouro, na face percorrida, se existia pavimentação, ou seja, cobertura da via pública com asfalto, cimento, paralelepípedos, pedras etc.;
- **Bueiro ou boca de lobo:** Pesquisou-se, na face ou na sua face confrontante, se existia bueiro ou boca de lobo, ou seja, abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoam as águas provenientes de chuvas, as regas etc. Ressalta-se que não deve se confundir bueiro/boca de lobo com tampões de caixas/poços de visita para acesso às galerias subterrâneas;
- **Meio-fio/guia:** Considerou-se quando, somente na face, existia meio-fio/guia, ou seja, borda ao longo do logradouro.

A pavimentação e o meio-fio/guia não são indicativos diretos de atendimento por MAP, entretanto parte-se da premissa de que os locais com essas infraestruturas viárias poderiam ser considerados como atendidos em relação ao MAP na esfera de repercussão dos peridomicílios. Ressalta-se que, quanto ao bueiro ou boca de lobo, e conseqüentemente, a rede coletora de águas pluviais, nem sempre são necessários, estando essa necessidade condicionada a fatores locais, principalmente climáticos.

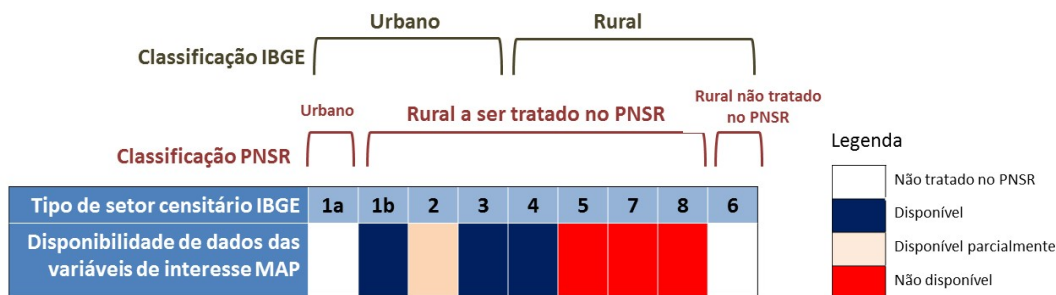
Foi também utilizada como variável, para qualificar a situação de atendimento aos domicílios, a presença de cisternas para captação de água de chuva, dado este obtido nas variáveis do domicílio do censo.

As variáveis 1 e 2 podem ser consideradas como provedoras de informações básicas sobre a quantidade de domicílios e moradores. As variáveis 3, 4, 5 e 6 são de interesse para o manejo de águas pluviais, pois agregam informações sobre o déficit dessa componente do saneamento, no âmbito dos peridomicílios (3) e do sistema viário interno (4, 5 e 6).

A consulta aos dados para levantamento das variáveis de interesse do MAP revelou que eles não estavam disponíveis em todos os setores censitários. As variáveis 4, 5 e 6 estão disponíveis para os setores censitários classificados pelo IBGE como 1, 3 e 4; para alguns setores censitários do tipo 2; para nenhum setor censitário do tipo 5, 6, 7 e 8. A

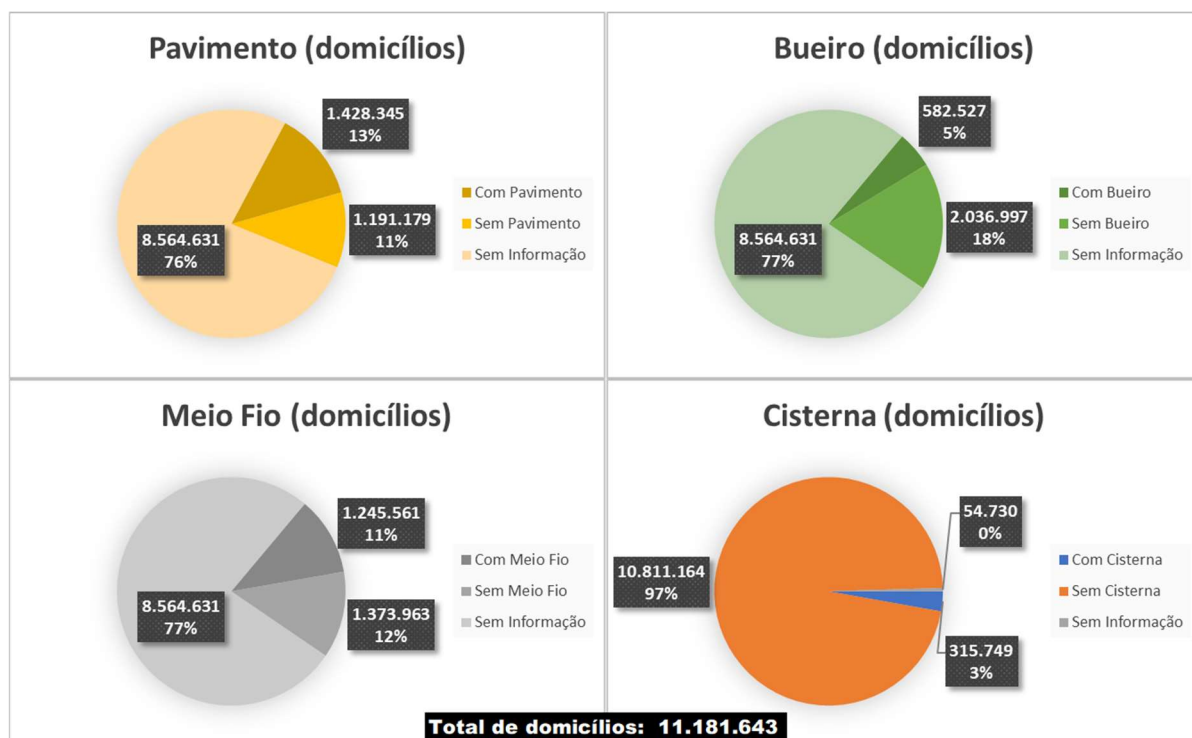
Figura 5.1 contém um diagrama esquemático que mostra a disponibilidade de informações sobre as variáveis de interesse MAP, em função da situação dos setores censitários segundo o IBGE e o PNSR.

Figura 5.1 Disponibilidade de informações, considerando-se as variáveis de interesse MAP e os setores censitários, segundo classificação do IBGE e do PNSR



Após evidenciar qualitativamente a escassez de dados do IBGE sobre a situação do manejo das águas pluviais em meio rural, partiu-se para uma avaliação quantitativa, na qual levantou-se, por unidade da federação, o número de domicílios abrangidos pelo PNSR com e sem cisterna (3), pavimento (4), meio-fio (5) e bueiro (6). Também foi quantificado o número de domicílios do PNSR sem informações sobre a variável de domicílio (3) e as variáveis de entorno (4, 5 e 6). A Figura 5.2 ilustra os resultados obtidos, considerando-se todos os domicílios abrangidos pelo PNSR.

Figura 5.2 Situação dos domicílios abrangidos pelo PNSR, em relação ao armazenamento de água de chuva, pavimentação, meio fio e bueiro



Fonte: IBGE (2011) – Censo Demográfico, dados do universo.

Considerando-se todos os setores censitários abrangidos pelo PNSR, verifica-se que, em média, as variáveis de entorno não estão disponíveis para cerca de 75% (8.564.631) dos domicílios do PNSR, ao passo que a informação sobre cisternas (variável de domicílio) não está disponível para menos de 0,5% (54.730) dos domicílios do PNSR. Configura-se, portanto, uma grande carência de dados para o diagnóstico do manejo das águas pluviais no entorno dos domicílios rurais (sistema viário interno).

Considerando-se apenas os setores nos quais as variáveis de domicílio e entorno estão disponíveis, verifica-se que apenas 3% (315.749) dos domicílios do PNSR possuem cisterna para captação de água de chuva; 55% (1.428.345) dos domicílios situam-se em via pavimentada, 48% (1.245.561) domicílios situam-se em via com meio-fio e 22% (582.527) domicílios situam-se em via com bueiro.

5.2 Aspectos condicionantes das soluções propostas

A matriz tecnológica referente ao manejo de águas pluviais (MAP) em áreas rurais é constituída de soluções que eliminem ou reduzam os efeitos adversos provocados pela inexistência ou inadequação de técnicas aplicadas ao controle das águas pluviais em meio rural. Sua elaboração seguiu duas principais fases, a primeira partindo do diagnóstico da situação observada no país e, a segunda, tratando dos aspectos conceituais das soluções tecnológicas.

Todavia, antes de se apresentar a proposta preliminar para a matriz tecnológica é importante definir alguns conceitos em relação ao escopo do MAP, no âmbito do PNSR, assim como apresentar consensos obtidos ao longo das oficinas e a partir dos relatos de campo obtidos nas 15 comunidades

visitadas. Os problemas decorrentes do inadequado ou inexistente manejo das águas pluviais em meio rural podem ser classificados segundo suas esferas de repercussão: o peridomicílio; o sistema viário interno; o sistema viário externo; os ambientes naturais; o setor agrícola.

O peridomicílio compreende à residência do indivíduo e ao terreno que a circunda. O sistema viário interno é compreendido pelas vias internas aos aglomerados, ao passo que o sistema viário externo é composto pelas vias que dão acesso aos mesmos (estradas vicinais). Apesar de ambas categorias de sistema viário sofrerem com problemas de alagamento, erosão e danos diversos causados pelas chuvas, essa divisão se faz necessária, pois considera-se que o problema de empoçamento de águas pluviais, com risco de proliferação de vetores, é apenas das vias locais. Por fim, os ambientes naturais são áreas de campos, florestas e corpos hídricos e os setores agrícolas são áreas destinadas à agricultura.

Durante a realização das oficinas, foi consenso entre os participantes que, embora os efeitos adversos ocasionados pela falta de manejo das águas pluviais em cada uma das esferas listadas tenham interface com saneamento e, em muitos casos, resultem em grandes prejuízos para a área rural, nem todos esses problemas poderiam ser solucionados por meio de ações estruturais do PNSR. Após muitos debates durante a realização dessas oficinas e em reuniões com a coordenação do PNSR, definiu-se que o déficit no manejo das águas pluviais nos peridomicílios e no sistema viário interno seria objeto de ações estruturais do PNSR. Em relação ao déficit existente no sistema viário externo, nos ambientes naturais e nos setores agrícolas, este será objeto de recomendações e ações estruturantes no PNSR.

Para fins de Manejo de Águas Pluviais foram identificadas três tipologias de domicílios, classificadas de acordo com a densidade da ocupação, em aglomerados ou isoladas e as características desta ocupação:

- **Tipologia I:** Domicílios com características de ocupação urbana composta por aqueles pertencentes aos códigos 1b, 2 e 3 e aqueles com características de ocupação rural classificados com código 4;
- **Tipologia II:** Municípios com ocupação caracterizada como rural pelo IBGE, consistindo nos domicílios de códigos 5 e 7.
- **Tipologia III:** Domicílios com características de ocupação rural dispersa, consistindo nos domicílios classificados com código 8.

Ressalta-se, conforme mencionado anteriormente, que serão tratadas soluções para o MAP nas áreas peridomiciliares e no sistema viário interno. Um grande fator condicionante da escolha da solução a ser implantada é a disponibilidade fundiária, diretamente correlacionada à densidade demográfica local. Técnicas mais sustentáveis tendem a demandar maior disponibilidade de área.

Alguns fatores ambientais são decisivos na escolha da tecnologia, tais como tipo de solo, relacionado à capacidade de infiltração da água no terreno, profundidade do lençol freático e declividade do terreno. Fatores climáticos irão interferir no dimensionamento das estruturas, mas não forçosamente na escolha da solução a ser adotada.

Além disso, as técnicas infiltrantes não devem ser utilizadas em locais com:

- (i) declividade superior a 10%;

- (ii) solo com condutividade hidráulica entre 10^{-4} a 10^{-6} m/s;
- (iii) profundidade do lençol freático inferior a 1,0 metro.

5.3 Princípios e alternativas tecnológicas e seus requisitos de gestão

As localidades visitadas pelo PNSR são marcadas, em grande parte, por ausência de infraestrutura e de soluções adequadas de drenagem. Dessa forma, as soluções existentes forneceram poucos subsídios para a proposta da matriz tecnológica. A captação e o aproveitamento da água de chuva, técnica que se aplica igualmente ao abastecimento, foi uma das soluções que apareceu com bastante frequência nas oficinas regionais, apontada como uma fortaleza e oportunidade para o MAP.

Antes de apresentar soluções para a drenagem das águas pluviais nos peridomicílios rurais, é importante se conhecer o histórico da drenagem em meio urbano. Tradicionalmente, as instalações pluviais residenciais têm como objetivo conduzir as águas de chuva o mais rapidamente possível aos cursos d'água, lagos ou oceanos por meio de calhas, canaletas, condutores e coletores (MACINTYRE, 1988; BORGES; BORGES, 1989). Essa abordagem faz parte dos "sistemas clássicos de drenagem", que têm sua origem nas práticas higienistas do século XIX, segundo as quais as águas pluviais devem ser escoadas por gravidade para jusante, o mais rápido possível e, preferencialmente, de modo subterrâneo (BAPTISTA *et al.*, 2011). Nas cidades brasileiras, os sistemas clássicos de drenagem vêm sendo amplamente empregados ao longo dos últimos anos, no entanto, já é sabido que esses sistemas, na grande maioria dos casos, estão fadados ao fracasso. De fato, o crescimento populacional e a intensificação da urbanização, acompanhada de mudanças no uso do solo e impermeabilização das superfícies, têm levado à obsolescência gradual e inexorável das redes de drenagem concebidas sob a óptica higienista (BAPTISTA *et al.*, 2011). Desde a década de 1970, já existem novas abordagens para o manejo das águas pluviais urbanas, as quais preconizam a compensação dos impactos causados pela urbanização nos processos do ciclo hidrológico (intercepção, armazenamento, infiltração e escoamento superficial), por meio de técnicas chamadas "alternativas" ou "compensatórias".

Dessa forma, as técnicas compensatórias buscam controlar o excesso de escoamento superficial produzido, em razão da impermeabilização, e retardar sua transferência para jusante. Para isso, são combinadas soluções tecnológicas que promovam a infiltração das águas pluviais, assim como soluções que propiciem seu armazenamento temporário. São exemplos desse tipo de solução as bacias e reservatórios de retenção, pavimentos porosos, trincheiras, poços, valas e valetas de infiltração, jardins de chuva, entre outras.

A partir da experiência da drenagem pluvial urbana, a equipe do PNSR/MAP acredita que seria um retrocesso propor, para os peridomicílios rurais, sistemas clássicos de drenagem, baseados puramente nas práticas higienistas. Além disso, a baixa densidade demográfica característica do meio rural inviabiliza a implantação de redes de drenagem, assim como é o caso do abastecimento de água e do esgotamento sanitário. É importante considerar, também, que a porcentagem de áreas impermeáveis no meio rural, quando comparada com a área urbana, é menor, e isso gera um menor volume de escoamento superficial. Além disso, as áreas rurais não são tão densamente ocupadas como as áreas urbanas e há espaço para implantação de técnicas compensatórias.

A implantação dos sistemas será dar em áreas privadas e públicas. No peridomicílio a lógica de funcionamento do sistema se baseia na desconexão da drenagem interna das vias, isto é, todo o escoamento superficial gerado nas áreas privadas deve ser infiltrado nestas, à exceção de locais onde não haja viabilidade técnica para tal. As águas provenientes do sistema viário devem ser infiltradas em áreas públicas ou privadas, segundo a disponibilidade fundiária local.

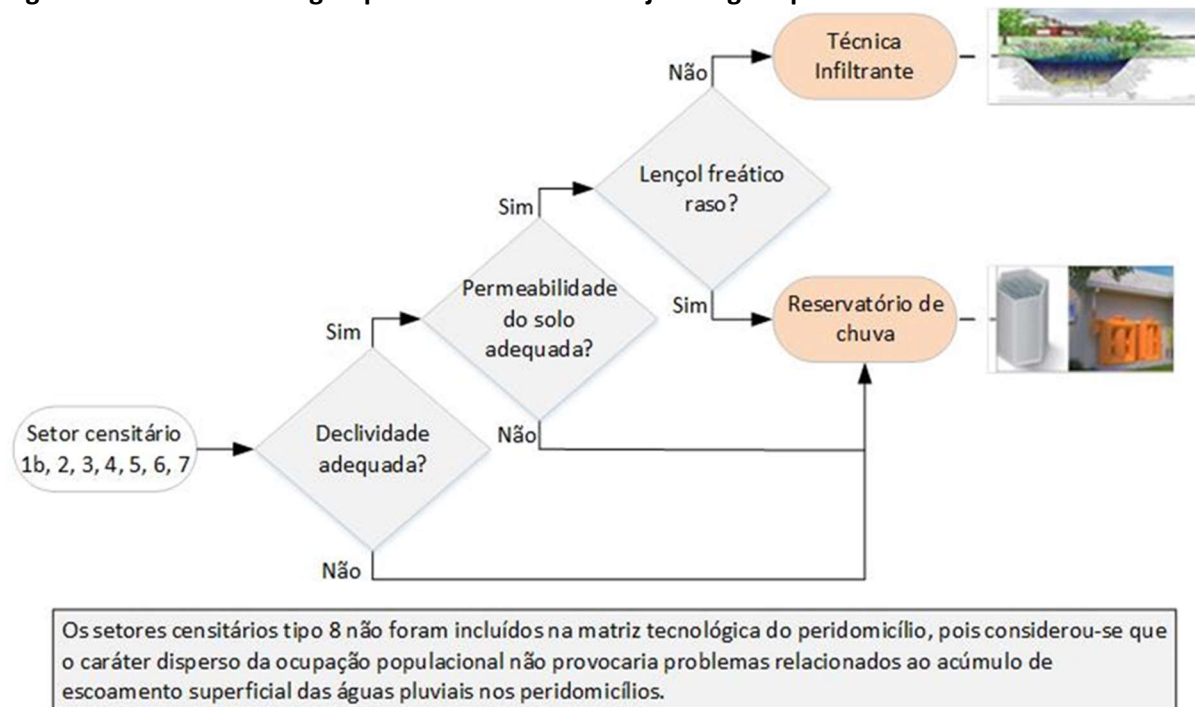
Tendo em vista as características mistas do sistema de manejo de águas pluviais, sob o ponto de vista de seu local de implantação, a gestão desses sistemas deve ter características de gestão compartilhada (poder público, em conjunto com a população).

Em áreas rurais, a gestão compartilhada torna-se um meio indispensável para garantir o atendimento dos serviços básicos de saneamento, considerando-se a dispersão populacional, a extensão do país e a limitação de recursos humanos e financeiros. No caso do manejo das águas pluviais rurais, as tecnologias propostas exigem manutenção periódica e, em não raras situações, esperar pela intervenção do poder público, por mais ágil que essa seja, pode levar à necessidade de se replantar parte ou a totalidade do sistema viário e sua rede de drenagem. Ao se propor a gestão compartilhada entre o poder público e a população para os sistemas de manejo das águas pluviais, não se pretende retirar do poder público uma responsabilidade que legalmente é sua. O poder público deve fornecer os meios, monitorar e garantir a efetividade dessa forma de gestão. Além disso, essa estratégia também contribui para o engajamento da população e sua apropriação das técnicas de drenagem propostas, o que é o ponto chave para perenização das mesmas. A gestão compartilhada também deve ser encarada como uma estratégia para fortalecer as habilidades, competências e talentos dos indivíduos e da comunidade, com intuito de superar obstáculos ao seu desenvolvimento socioeconômico sustentável.

Soluções Peridomiciliares

A Figura 5.3 apresenta a matriz tecnológica peridomiciliar proposta para o manejo de águas pluviais.

Figura 5.3 Matriz tecnológica peridomiciliar de manejo de águas pluviais



Para os peridomicílios preconizar-se-á a adoção de técnicas compensatórias de drenagem - soluções baseadas em técnicas de armazenamento temporário e/ou infiltração do escoamento superficial. É proposto a utilização de cisternas para captação e armazenamento de água de chuva proveniente dos telhados e que os excedentes sejam encaminhados para jardins de chuva.

As águas de chuva que caem sobre os telhados, sacadas, pátios, áreas e jardins nas residências e em seu entorno próximo (peridomicílio) precisam ter uma destinação apropriada, de modo a não causarem prejuízos e danos para os moradores, seja pelo alagamento de partes da propriedade, seja pela acumulação de água em poças, propiciando condições para proliferação de vetores.

Nos telhados, devem ser previstas calhas e condutores verticais, para coleta das águas pluviais que, em seguida, podem ser encaminhadas para um reservatório (Figura 5.4) e/ou para uma técnica infiltrante, preferencialmente um jardim de chuva (Figura 5.5). A água armazenada nos reservatórios pode ser utilizada para consumo humano, desde que atendidos os padrões de qualidade da água, como para outros usos não potáveis (irrigação de jardins, lavagem de carros, chão, pátios). Tanto o reservatório, como a técnica infiltrante, devem possuir drenos, de modo a possibilitar o extravasamento do excesso de água, em caso de eventos chuvosos mais extremos. Os drenos devem ser conduzidos, sempre quando possível, a áreas dentro dos terrenos, onde a água possa se acumular e infiltrar, promovendo, assim, a desconexão das áreas impermeáveis privadas com a rede pública de drenagem. Nos casos em que não haja locais para o encaminhamento dos excedentes, os drenos devem ser conectados ao coletor de águas pluviais da rede pública de águas pluviais, caso ele exista, ou caso não exista rede, o excesso de água deve ser encaminhado para a rua.

Figura 5.4 Reservatório de água de chuva



Fonte: Acervo das autoras.

Figura 5.5 Jardim de chuva



Fonte: Acervo das autoras.

Nas áreas abertas dentro das propriedades (pátios, jardins, hortas etc.), devem ser construídas valas e valetas vegetadas para coleta e condução do escoamento pluvial até as técnicas infiltrantes (jardim de chuva ou trincheira de infiltração) dotadas de drenos, conforme explicitado acima.

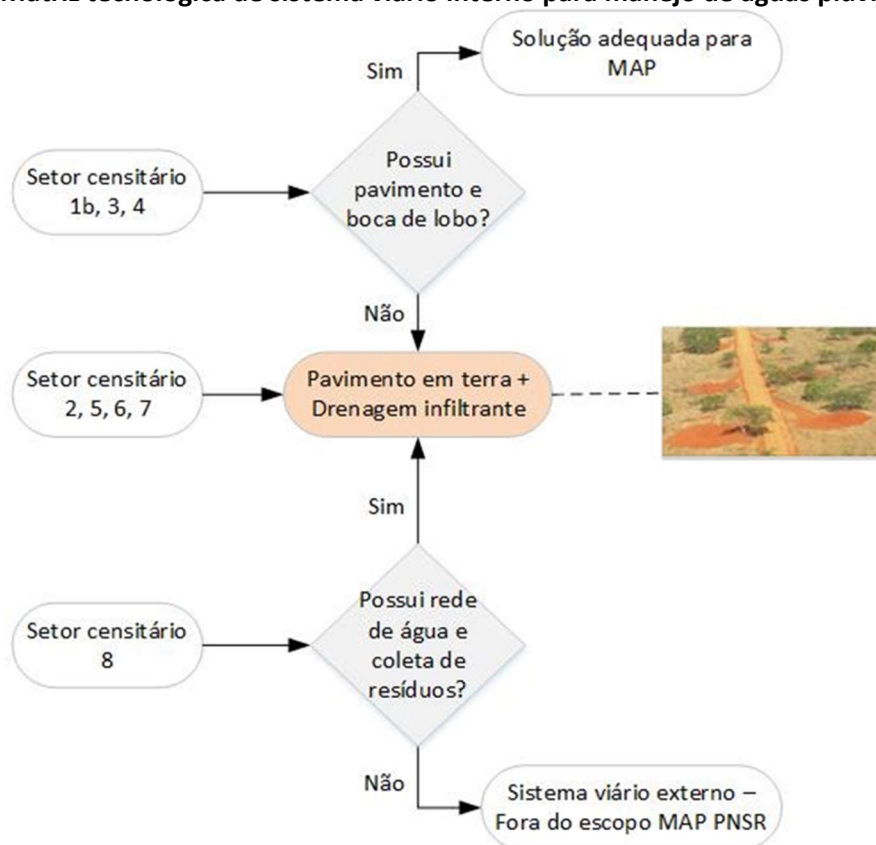
Para o peridomicílio, o fator condicionante à escolha da solução é meramente de disponibilidade de área. Todos os domicílios devem possuir cisternas e os excedentes de água serem encaminhados para jardins de chuva. São exceção aqueles domicílios que não possuem disponibilidade de área para tal e nestes, a água de chuva deve ser encaminhada para o sistema viário interno e devidamente conduzida para posterior infiltração.

A população deve ser capacitada para realizar a manutenção, tanto do reservatório, quanto dos jardins de chuva e das trincheiras de infiltração.

Sistema Viário Interno

A Figura 5.6 apresenta a matriz tecnológica de sistema viário interno proposta para o manejo de águas pluviais.

Figura 5.6 Matriz tecnológica de sistema viário interno para manejo de águas pluviais



Para o sistema viário interno, serão adotadas duas possibilidades de tecnologias: a utilização de sistema de drenagem clássica, em locais de vias pavimentadas, para as áreas com características de ocupação urbana e utilização de vias não pavimentadas com sistema de drenagem, para os demais tipos de ocupação. Em ambos os casos, os excedentes de água escoados pela drenagem devem ser encaminhados a estruturas de infiltração. Mais uma vez, a disponibilidade fundiária é fator limitante para a implantação das soluções.

O sistema de drenagem clássica é composto das vias, sarjetas, dispositivos de captação, redes e estruturas de desemboque, devendo estas últimas serem preferencialmente de infiltração. Assim, como discutido para as técnicas de drenagem propostas para os peridomicílios, também, para o sistema viário, acredita-se que as melhores soluções devem ser baseadas em técnicas de armazenamento temporário e/ou infiltração do escoamento superficial.

Para o correto dimensionamento de um sistema de drenagem de estradas, são necessários conhecimentos da vazão a ser transportada, das características geométricas dos canais e da capacidade dos solos destes canais resistirem à erosão. A água de escoamento da estrada deve ser coletada nas suas laterais e encaminhada para escoadouros naturais, artificiais ou áreas em que possa ser infiltrada de modo a não provocar a erosão.

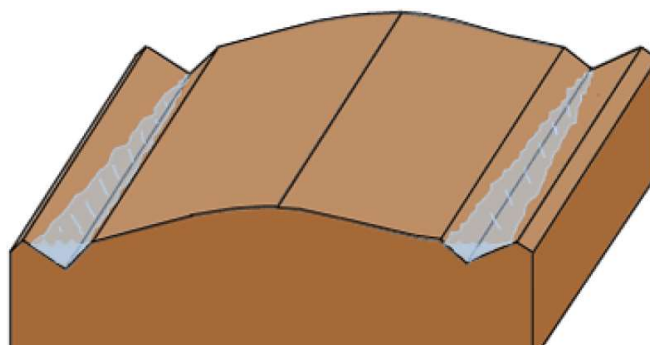
A drenagem das estradas não pavimentadas deve observar os seguintes pontos:

- Drenar a água da chuva para fora da estrada em intervalos frequentes, com menor intervalo de tempo possível;

- Manter a velocidade de escoamento menor possível;
- Evitar a concentração do escoamento;
- Evitar drenar a água das estradas diretamente para os cursos de água;
- Proteger as áreas adjacentes com vegetação ou outras formas de proteção (geotêxtil, enrocamento);
- Limitar as cargas e minimizar o tráfego no período chuvoso.

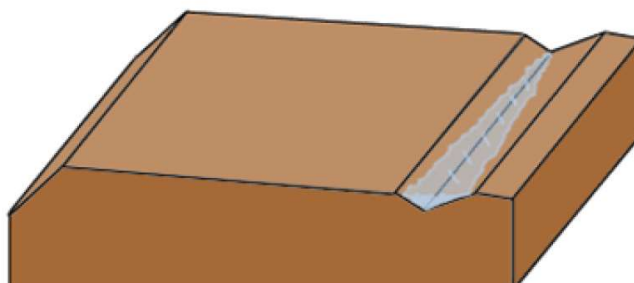
Em termos construtivos, deve-se utilizar abaulamento (Figura 5.7) e superelevação do leito (Figura 5.8), sarjetas e estruturas de retenção e posterior infiltração.

Figura 5.7 Esquema de estrada com abaulamento e sarjetas



Fonte: Silva, 2011

Figura 5.8 Esquema de estrada com superelevação



Fonte: Silva, 2011

Idealmente, a água proveniente da pista e transportada pelas sarjetas deve ser direcionada para a área vegetada, às margens da estrada, para infiltração. Entretanto, nem sempre há condições para que isso ocorra, assim, no dimensionamento da drenagem das estradas rurais é importante se considerar a estrada como um elemento rural, com interferência mútua entre as estradas e as áreas adjacentes. Quando a área adjacente for de cultura em terraços, a água proveniente das estradas deve ser conduzida a estes, e será infiltrada. Quando esta condução não for possível e a capacidade de infiltração da área adjacente for baixa, deve-se construir bacias de acumulação.

As bacias de acumulação (Figura 5.9) são estruturas que têm a finalidade de armazenar o escoamento superficial que será posteriormente infiltrado. O dimensionamento das bacias de acumulação deve considerar o volume de escoamento superficial e a capacidade de infiltração do solo local. Essas bacias

podem ter geometria diversa, entretanto a mais comumente utilizada é a calota esférica (Figura 5.9). Existem diversas metodologias propostas para dimensionamento dessas bacias.

Figura 5.9 Exemplos de estrada com bacias de acumulação



Fonte: Silva, 2011



Fonte: Techio, 2009

Os espaçamentos mínimo e máximo recomendados entre bacias de acumulação depende da declividade do trecho e os respectivos valores estão apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Espaçamento entre bacias de acumulação

Declividade do trecho	Espaçamento mínimo (m)	Espaçamento máximo (m)
0	40	120
0 – 5%		120
5 – 10%		100
10 – 15%		80
15 – 20%		60

Fonte: Adaptado de Bertolini, 1993 apud Griebeler, 2002.

Nos trechos onde as estradas interceptam talvegues ou canais naturais, soluções estruturais devem ser implantadas. Sejam execução de bueiros de travessia ou de “travessias molhadas”, que consistem em proteção do pavimento rodoviário com calçamento no trecho que ficará sujeito ao escoamento superficial transversal.

Para o sistema viário interno, classificam-se os domicílios em três diferentes modos de ocupação: O primeiro refere-se a domicílios cujo padrão de ocupação é tipicamente urbano adensado. Nesse caso, o sistema viário interno deve ser pavimentado e dotado de infraestrutura de drenagem clássica, tipicamente urbana.

Para os domicílios localizados em áreas menos adensadas, mas em aglomerados, propõe-se a utilização de sistema viário não pavimentado, mas com drenagem por sarjetas, lançando para estruturas de infiltração, que podem, inclusive, estar localizadas em áreas privadas.

Há ainda domicílios em áreas classificadas como rurais e não aglomeradas. Para estes, entende-se que a ocupação é dispersa. Não havendo um sistema viário classificado como interno.

5.4 Referências

BAPTISTA, M. B., COELHO, M. M. L. P., CIRILO, J. A; MASCARENHAS, F. C. Hidráulica aplicada. *Coleção ABRH*, vol 8. 2011.

BERTOLINI, B. Controle de erosão em estradas rurais. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 37 p. (Boletim técnico, 207)

BORGES, W. L. e BORGES, R. S. *Manual de instalações prediais hidráulico-sanitárias e de gás*. São Paulo, 1989, 4ª ed.

IBGE. Censo demográfico de 2010. Dados da amostra. 2010.

GRIEBELER, N. P. Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. 2002. 134p.

MACINTYRE, A. J. *Instalações prediais hidráulico-sanitárias*. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

SILVA, D. P. Modelo de dimensionamento de bacias de acumulação em estradas. Viçosa, MgG: UFV, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2009.

SILVA, D.P. Modelo para dimensionamento de sistemas de drenagem de superfície em estradas não pavimentadas. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2011, 111p.

TECHIO, J. W. Importância e técnicas para um adequado planejamento do sistema viário no meio rural - tese Programa de pós-graduação em agronomia Doutorado em agronomia Universidade de Passo Fundo, 2009.