

2. INFRAESTRUTURA VERDE

Nesse capítulo será apresentado o tema “infraestrutura verde”. Primeiramente é feita uma síntese dos marcos históricos dentro do contexto do planejamento urbano e ambiental relevantes à consolidação da infraestrutura verde, tida como o estado da arte do planejamento ecológico da paisagem. Em seguida, são expostos sua definição, funções, princípios, benefícios e aplicações. Posteriormente, a infraestrutura verde é apresentada como uma rede, com a indicação dos seus principais componentes e de como projetá-la. Por fim, a infraestrutura verde é abordada como instrumento para o planejamento do uso e ocupação do solo.

2.1. Origem do Conceito

O termo “infraestrutura verde” foi usado pela primeira vez, em 1994, na Florida, em um relatório dirigido ao governo americano sobre estratégias de conservação do meio ambiente, cuja intenção era refletir a noção de que os sistemas naturais são tão ou mais importantes que os componentes da infraestrutura convencional (cinza) ao funcionamento e desenvolvimento de uma comunidade. Da mesma forma como se faz necessário o planejamento da infraestrutura cinza, a idéia de também se planejar para conservar ou restaurar os recursos naturais (planejar uma infraestrutura verde), dá visibilidade à sua importância no desenvolvimento das cidades. (FIREHOCK, 2010)

Embora o termo “infraestrutura verde” seja relativamente novo, o seu conceito não é. Segundo Benedict e McMahon¹ (2006, p. 23, tradução nossa):

O movimento da infraestrutura verde é baseado em estudos sobre a paisagem e as inter-relações do homem e da natureza iniciadas há mais de 150 anos. Inúmeras disciplinas contribuíram com teorias, idéias, pesquisas e conclusões para as origens do planejamento e projeto da infraestrutura verde, especialmente as relacionadas às idéias e ações de conservação da natureza através de parques estaduais e nacionais; refúgios da vida silvestre; programas de proteção a florestas, rios e áreas sensíveis; e planos de

¹ Mark Benedict e Edward McMahon lançaram, em 2006, o livro *“Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities”*, onde expõem o conceito, as potencialidades e os benefícios da infraestrutura verde e apresentam exemplos bem sucedidos de aplicações, em diferentes escalas, em diversas localidades dos Estados Unidos.

desenvolvimento relacionados à natureza nas disciplinas de planejamento urbano, paisagismo e planejamento ambiental.

Pode-se dizer que o planejamento e projeto da infraestrutura verde têm como base as inter-relações do homem com a natureza, principalmente as voltadas à cidade-natureza. Tanto as preocupações com o meio ambiente quanto com as pessoas impulsionaram a formulação do conceito da infraestrutura verde. A atenção para a inter-relação cidade-natureza foi aumentando e alterando o seu foco de atuação, na medida em que a percepção ambiental e os conhecimentos dela decorrentes foram evoluindo. Assim, a infraestrutura verde vem como instrumento para guiar o desenvolvimento das cidades e a conservação da natureza de forma simultânea. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

As primeiras idéias e propostas voltadas para a relação cidade-natureza giravam em torno da preocupação com a preservação da natureza frente ao avanço das cidades, a partir da segunda metade do século XIX. Um marco disso foi a criação do primeiro Parque Nacional do mundo, o *Yellowstone*, em 1872, nos Estados Unidos. Outros dois marcos foram: o Plano *Emerald Necklace*, do arquiteto-paisagista Frederick Law Olmsted, em Boston – primeiro projeto paisagístico de cunho ambiental e estruturador do desenvolvimento da cidade; e as “cidades-jardins” de Ebenezer Howard, cuja concepção buscava estabelecer limites físicos e demográficos aliados aos espaços livres verdes. (VALLEJO, 2003; BENEDICT; MCMAHON, 2006; TARDIN, 2008; HERZOG, 2009; HERZOG; ROSA, 2010)

A introdução da natureza nas cidades e pelos seus respectivos planos, foi se dando de forma diferenciada ao longo do tempo. Os planos urbanos do final do século XIX até a década de 1970, como o Plano de Albercrombie para a Grande Londres (1943), o *Copenhagen Finger Plan* (1947) e o Plano Regional de Estocolmo (1967), já traziam o espaço verde como elemento estruturador do espaço urbano, seja na forma de “cinturões verdes”, “dedos verdes” ou “*parkways*”. Contudo, a preocupação dos planos girava apenas em torno da introdução da natureza na cidade como meio de oferecê-la para o desfrute coletivo e para atender aos objetivos de embelezamento. (TARDIN, 2008)

Somente na década de 1970, com os problemas decorrentes do rápido crescimento das cidades, como perda da qualidade de vida, degradação dos espaços

livres e a dispersão urbana pelo território, foi que começou a se introduzir a preocupação de cunho ecológico aos planos urbanos. A partir de então, a cidade deixa de ser apenas uma questão social e passa a incorporar a questão ambiental. A sociedade deixa de ser objeto central da ação e passa a estar inserida na caracterização da natureza, em um sistema global. Um marco na introdução da preocupação com a ecologia no planejamento urbano é a publicação do urbanista e paisagista Ian McHarg “*Design With Nature*”, em 1969, na qual defende a análise dos aspectos abióticos, bióticos e culturais como a base do planejamento urbano. (TARDIN, 2008; HERZOG, 2009)

A preocupação com a ecologia nos planos urbanos é impulsionada pela formulação dos termos “ecologia da paisagem”², “planejamento da paisagem”³ e “planejamento ecológico”⁴, e pelo entendimento de que apenas preservar áreas naturais não é o suficiente para proteger a biodiversidade e os ecossistemas, sendo necessário promover a ligação entre áreas naturais. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

É somente na década de 1990, com a evolução das preocupações com o meio ambiente e com os recursos naturais, e com a oficialização do termo “desenvolvimento sustentável”⁵, em 1987, pelo relatório “Nosso Futuro Comum”, que se passa a incorporar a busca pela sustentabilidade como parâmetro urbanístico. Planos como o de Paris, Berlim e Barcelona buscam integrar a ocupação urbana e o respeito aos recursos do território a partir de sistemas de espaços livre, não apenas como um mecanismo de

² O geógrafo Carl Troll, na década de 1960, inventa o termo “ecologia da paisagem” para descrever um novo campo de conhecimento centrado sobre o arranjo espacial dos elementos da paisagem e como sua distribuição afeta a distribuição e o fluxo de energia e de indivíduos no ambiente. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

³ “Planejamento da paisagem” é definido por Michael Laurie, em 1975, como: “[...] a habilidade de tomar decisões baseadas nos critérios de fragilidade e valores que dependem da compreensão do ambiente e dos processos naturais e relações ecológicas básicas que ocorrem. É necessário encontrar uma maneira de avaliar as variáveis do sistema natural para que possam se tornar fatores determinantes poderosos e estratégicos para definir políticas de seu uso e de sua forma na tarefa de planejamento e de projeto”. (LAURIE, 1975, p. 91 *apud* HERZOG, 2009 p.28)

⁴ Richard T. T. Forman e Michel Godron, em 1986, no livro “*Landscape Ecology*”, lançam os princípios da ciência da ecologia de fundamental importância para o desenvolvimento do “planejamento ecológico da paisagem”. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; HERZOG, 2009)

⁵ Em 1987, é publicado o relatório “Nosso Futuro Comum” (ou Relatório de Brundtland), no qual se oficializou o termo “desenvolvimento sustentável”, propondo que se devia atender às necessidades do presente sem comprometer o atendimento às gerações futuras. (SANTOS, 2004)

ordenação, mas como garantia da sustentabilidade da paisagem. (SANTOS, 2004; TARDIN, 2008)

Uma abordagem mais aprofundada sobre estes e alguns outros marcos na evolução do planejamento urbano e ambiental nos últimos 150 anos está apresentada no Apêndice 1.

2.2. Definição

Infraestrutura verde é um termo que aparece com cada vez mais frequência, em todo o mundo, nas discussões sobre conservação e desenvolvimento (*land conservation* e *land development*), mas que vai além das estratégias tradicionais de conservação. Sua abordagem sobre conservação da terra e proteção dos recursos naturais leva em consideração a conservação associada ao planejamento da infraestrutura, do desenvolvimento e esforços de crescimento inteligente (*smart growth*), e não de maneira isolada. A rede de infraestrutura verde promove tanto a conservação quanto o desenvolvimento. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

O termo, contudo, possui diferentes significados dependendo do contexto em que é usado: para alguns ele se refere aos elementos vegetais que promovem benefícios ecológicos em áreas urbanas; para outros ele se refere às estruturas de engenharia (como as de manejo das águas pluviais ou de tratamento de água) que são projetadas para serem ecológicas. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Como um substantivo, infraestrutura verde se refere a uma rede de espaços verdes interconectados [...] que é planejada e gerida para os seus recursos naturais e para o homem. Usada como adjetivo, infraestrutura verde descreve um processo que promove uma abordagem sistemática e estratégica para a conservação da terra [...], incentivando o planejamento do uso do solo e práticas que sejam boas para a natureza e para as pessoas. (BENEDICT; MCMAHON, 2006 p.3, tradução nossa)

A infraestrutura verde pode ser definida como uma rede interconectada estrategicamente planejada e gerida de áreas naturais, paisagens rurais e outras áreas livres que conserva os valores e funções dos ecossistemas naturais, mantêm o ar e a água limpos, e proporciona um grande leque de benefícios para o homem e a vida silvestre. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; www.greeninfrastructure.net)

O conceito da infraestrutura verde explica a necessidade de se implementar planos sustentáveis de uso do solo nos bairros, cidades e estados em que vivemos. A infraestrutura verde fornece um processo para trazer diversos interesses em conjunto para identificar os valores e objetivos comuns que podem ser usados para orientar a tomada de decisão sobre o uso da terra. Ela encoraja as pessoas a focar no benefício de um planejamento holístico do uso do solo e enfatiza a integração dos objetivos ambientais e econômicos. A infraestrutura verde é a infraestrutura fundamental à manutenção e ao crescimento de uma comunidade. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

O desenvolvimento da infraestrutura verde busca priorizar a conservação da estrutura e dos processos da paisagem, para manter ou estabelecer conectividade física e funcional de fatores bióticos⁶, abióticos⁷ e culturais. A teoria da infraestrutura verde defende o argumento de que a conservação, restauração e manutenção do funcionamento dos sistemas naturais não apenas protegem os valores e as funções ecológicas, mas também promovem diversos benefícios econômicos, sociais e culturais. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; HERZOG, 2009)

Assim, a infraestrutura verde é a estrutura ecológica para a saúde ambiental, social e econômica, é o sistema de suporte da vida natural – uma rede interconectada de rios, córregos, áreas alagadas, mangues, pântanos, florestas, habitats da vida selvagem e outras áreas naturais; áreas verdes, parques, praças, corredores verdes, reservas naturais e outras áreas de conservação (públicas ou privadas); fazendas, sítios, ranchos e outras terras cultiváveis com valor de conservação; desertos e outras áreas livres que dão suporte para espécies nativas, mantêm os processos ecológicos naturais, conservam o ar e os recursos hídricos limpos e contribuem para a saúde e a qualidade de vida das comunidades. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

2.3. Funções e Aplicações

O objetivo do planejamento da infraestrutura verde é promover a conservação estratégica através da identificação, da proteção e do manejo a longo-prazo das redes

⁶ Biótico refere-se àquilo que é característico dos seres vivos, incluem todos os seres/organismos vivos, sejam eles animais, plantas, bactérias, etc.

⁷ Abiótico, por sua vez, refere-se ao meio no qual não há vida, é antônimo de biótico, já que nomeia aquilo que não faz parte ou que não resulta dos seres vivos.

de espaços verdes interconectados, que sustentam funções naturais enquanto promovem benefícios aos homens. Tais redes, em geral, não se restringem aos limites políticos do território, se estendendo sobre paisagens diversas. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

O processo de implantação da infraestrutura verde ajuda a identificar e a priorizar as oportunidades de conservação e a planejar o desenvolvimento de forma a otimizar o uso da terra, buscando atender as necessidades das pessoas e da natureza. “Um plano de infraestrutura verde pode identificar previamente terras importantes para ações futuras de conservação e restauração além de ajudar a direcionar e localizar áreas para desenvolvimento.” (BENEDICT; MCMAHON, 2006 p.3, tradução nossa)

A infraestrutura verde enfatiza a importância dos espaços livres verdes como parte de um sistema interconectado que é protegido e gerenciado para a promoção de benefícios ecológicos. Enquanto as áreas verdes são frequentemente vistas como alguma coisa que é boa de ter, para a infraestrutura verde elas são uma coisa que tem que se ter. Proteger e restaurar o nosso sistema natural de suporte à vida é uma necessidade. Enquanto os espaços verdes são comumente vistos como auto-sustentáveis, a infraestrutura verde sugere que os espaços verdes e os sistemas naturais devem ser ativamente protegidos, manejados e, em alguns casos, restaurados. (BENEDICT; MCMAHON, 2006 p.2, tradução nossa)

Um dos desafios da infraestrutura verde é a percepção da população sobre o planejamento e a proteção dos espaços verdes. A compreensão de que áreas livres não necessariamente estão à espera de desenvolvimento e de que espaços verdes não são apenas áreas naturais ou destinadas ao lazer é fundamental para que se possa planejar a ocupação da paisagem de modo sustentável. Esses espaços podem ter fundamental importância no desenvolvimento de uma infraestrutura verde que dê suporte para que a ocupação aconteça de forma a evitar riscos para a população. As áreas verdes, naturais ou destinadas ao lazer, públicas ou privadas, devem se tornar parte integrante de sistemas que se interconectam em diversas escalas, que devem ser protegidas e manejadas para proporcionar serviços ecológicos em benefício das pessoas. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; TARDIN, 2008; HERZOG, 2009)

A base das redes de infraestrutura verde é mimetizar os seus elementos naturais – florestas, pântanos, rios, campos – que trabalham juntos como um todo para manter as funções e os valores ecológicos. O funcionamento saudável dos sistemas ecológicos

naturais ou restaurados são essenciais para garantir a disponibilidade dos serviços ecológicos da rede. (www.greeninfrastructure.net)

Proteger os sistemas naturais e a biodiversidade é um objetivo importante da infraestrutura verde, mas a rede de infraestrutura verde pode incluir uma ampla variedade de elementos, que nem sempre estão diretamente relacionados a este objetivo. Enquanto algumas redes de infraestrutura verde se concentram essencialmente nos processos naturais da paisagem e nos seus benefícios ecológicos, outras também incluem áreas que beneficiam as pessoas, como parques, trilhas, áreas de lazer, mirantes, fazendas etc. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Muitos dos elementos da infraestrutura verde já estão no local, contudo, somente em rede é que efetivamente possuem valor. Sendo, portanto, necessário se empreender esforços para promover a ligação entre os diferentes elementos – seja através da criação de ruas arborizadas, tetos verdes ou da renaturalização de rios e canais – de modo que todos eles trabalhem juntos como um sistema funcional. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; www.cabe.org.uk)

Criar uma rede de infraestrutura verde implica em buscar as oportunidades existentes. Em alguns casos, irão existir terras com valores de conservação óbvios, e em outros, provavelmente precisará se buscar terras que foram ou ainda são destinadas a outros usos, tais como: terras públicas, como áreas militares, porções de florestas, terras abandonadas e outros espaços livres; áreas sensíveis, como encostas íngremes, áreas costeiras e áreas alagáveis; áreas cultiváveis, como as destinadas à agricultura, silvicultura e à caça; áreas de lazer, como campos de golfe, parques, ciclovias e trilhas; áreas privadas, como parques industriais; zonas destinadas à passagem de serviços concessionários como adutoras e linhas de alta tensão; lugares abandonados ou subutilizados, como aterros sanitários desativados e vazios urbanos; e corredores de transporte, como linhas férreas. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Os sistemas naturais protegidos pela rede de infraestrutura verde não são sempre verdes. Rios e córregos são elementos extremamente importantes de quase todos os sistemas de infraestrutura verde. As redes de infraestrutura verde podem ser projetadas a partir do sistema híbrido de águas – hídrico e de drenagem, fazendo a

conexão das áreas verdes a fim de manter ou restabelecer as funções ecológicas. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; AHERN; KATO, 2007 *apud* HERZOG, 2009)

Elementos e funções adicionais também podem ser incorporados à rede, dependendo dos desejos e necessidades dos projetistas, como hortas, áreas de cultivo, trilhas, áreas de lazer e locais turísticos e culturais, contribuindo para a saúde e qualidade de vida das comunidades. (www.greeninfrastructure.net)

A seguir, será apresentado um quadro resumo com a indicação de alguns elementos que podem ser incorporados a uma rede de infraestrutura verde e suas respectivas funções.

Elementos e Funções que Podem Integrar a Infraestrutura Verde			
Valores e funções do ecossistema natural (biodiversidade, processos e serviços ecológicos)	Atributos	Elementos / Locais	Funções
	Comunidades ecológicas e outros atributos naturais	Parques públicos ou privados; reservas ou áreas de preservação municipal, estadual e federal; terras indígenas, cachoeiras, vales e <i>canyons</i> .	Recupera e protege a fauna e a flora, aumenta a biodiversidade, conserva e restitui as características da paisagem natural.
	Fontes da vida silvestre	Refúgios selvagens, reservas para caça, ligações da paisagem/ corredores da vida silvestre, cinturões verdes, rios e lagos.	Proporciona habitat para a vida selvagem, favorece a migração e reprodução animal e mantém a saúde da população.
	Bacias hidrográficas ou recursos hídricos	Terras ribeirinhas e não ribeirinhas adjacentes, pântanos ou mangues, áreas alagáveis e áreas de recarga de aquíferos.	Protege e recupera a quantidade e a qualidade da água, proporciona habitat para organismos aquáticos e favorece o ciclo hidrológico.
	Áreas manejadas com valores ecológicos	Florestas extrativistas e áreas agrícolas com habitats e características naturais com potencial de recuperação de valores ecológicos.	Habitat para a vida selvagem, proteção do solo e dos recursos hídricos contra poluição e conexão e proteção dos componentes da rede.

Benefícios relacionados à população humana (serviços ecológicos, valores sociais e econômicos)	Recreação e atividades saudáveis	Parques, <i>greenways</i> , <i>blueways</i> , trilhas e ciclovias.	Provê espaço para atividades ao ar livre, oportunidades de transporte alternativo e conecta as pessoas à natureza.
	Recursos culturais	Sítios históricos e arqueológicos, espaços educacionais, espaços urbanos ou rurais públicos.	Preserva uma ligação com herança cultural e natural, fomenta educação e envolvimento através de salas de aula naturais, encoraja a administração de recursos e proteção da integridade de sítios culturais.
	Padrão de crescimento e qualidade das comunidades	Cinturões verdes, monumentos naturais, mirantes, espaços abertos públicos, <i>greenways</i> , corredores ripários ⁸ , terras em desenvolvimento próximas a terras de recursos ecológicos.	Melhora os padrões de crescimento e desenvolvimento, cria paisagens com apelo visual, aumenta o orgulho e a identidade comunitária, atrai negócios, moradores e turistas.
Benefícios relacionados à população humana (serviços ecológicos, valores sociais e econômicos)	Recursos hídricos	Bacias hidrográficas, pântanos e mangues, terras alagáveis e áreas de recarga de aquíferos.	Protege a quantidade e a qualidade da água, maneja as águas pluviais, provê locais para diques e barreiras para mitigação de inundações.
	Terras cultiváveis com valor econômico	Fazendas, ranchos, pomares, hortas e florestas controladas.	Protege as terras cultiváveis tanto como um negócio quanto como um local, mantém características e tradições rurais e sustenta setores econômicos.

Tabela 1: Tabela adaptada do livro “*Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities*” – BENEDICT; MCMAHON, 2006, p.118. (tradução nossa)

A infraestrutura verde pode ser implementada em várias escalas: particular, local, estadual, regional ou até nacional. Na escala particular, as intervenções se retingem às edificações, por exemplo, com a criação de tetos e muros verdes, ou a espaços verdes, como quintais e jardins. Na escala local pode se traduzir na criação de *greenways*⁹ para conectar parques já existentes ou nas possibilidades de manejo das águas pluviais, como jardins de chuva, canteiros pluviais, alagados construídos, pavimentação permeável ou uma série de outras melhores práticas de gestão que

⁸ Referente à margem de um curso de água.

⁹ Espaço livre linear estabelecido ao longo de um corredor natural para caminhadas, ciclismo e outros usos recreativos que liga parques, reservas naturais, locais culturais e/ou históricos. Pode ser também um parque linear projetado como um *parkway* ou cinturão verde. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

contribuam para a infiltração, retenção, condução ou purificação das águas pluvias¹⁰. E nas escalas estadual, regional ou nacional pode concentrar-se na proteção das principais ligações da paisagem (*landscape linkages*) e dos habitat para os animais. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Alguns princípios são comuns e fundamentais ao sucesso da infraestrutura verde. Benedict e McMahon, em 2002, na publicação “*Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21 Century*”, haviam estabelecido sete princípios para a infraestrutura verde e em 2006, na última publicação dos autores “*Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities*” tais princípios foram revisados e reformulados, passando a configurar um total de dez princípios: (BENEDICT; MCMAHON, 2006 p.37, tradução nossa)

1. Conectividade é a chave.
2. O contexto importa.
3. A infraestrutura verde deve ser fundada em conhecimentos científicos e na teoria e práticas do planejamento do uso do solo.
4. A infraestrutura verde pode e deve funcionar como uma rede para a conservação e o desenvolvimento.
5. A infraestrutura verde deve ser planejada e protegida antes do desenvolvimento.
6. A infraestrutura verde é um investimento público fundamental que deve ter prioridade de financiamento.
7. A infraestrutura verde proporciona benefícios para a natureza e para as pessoas.
8. A infraestrutura verde respeita as necessidades e os desejos dos proprietários e das partes envolvidas.
9. A infraestrutura verde implica a realização de atividades dentro e fora das comunidades.
10. A infraestrutura verde requer um comprometimento de longo prazo.

Como visto, a infraestrutura verde promove benefícios tanto aos homens como à natureza, sejam eles ecológicos, sociais, econômicos e/ou culturais. Tais benefícios, em geral, são diferentes de lugar para lugar. Segundo Benedict e McMahon (2006, p.264, tradução nossa), por exemplo:

Em comunidades do subúrbio ou periferia, a discussão talvez possa focar em como o plano de infraestrutura verde pode ajudar a comunidade a

¹⁰ O aprofundamento das possibilidades de infraestrutura para a escala local estão apresentadas no capítulo 3.

evitar o crescimento espraiado e os problemas a ele associados. Já os moradores de áreas urbanas centrais talvez apreciem os benefícios como saúde mental e física em ter espaços abertos disponíveis para o lazer. Já aqueles onde o abastecimento de água é limitado, talvez tenham interesse em como a infraestrutura verde pode ajudar a purificar a água, enquanto que moradores de áreas propícias a enchentes provavelmente se interessarão pela proteção contra enchentes por sistemas naturais.

Dentre os inúmeros benefícios da infraestrutura verde – ecológicos, sociais, econômicos e culturais – podem ser citados: (1) a conservação da biodiversidade; (2) o favorecimento ao funcionamento dos sistemas naturais; (3) a proteção dos habitat e de suas conexões; (4) a manutenção das florestas e de áreas cultiváveis; (5) amenização climática; (6) economia, uma vez que as soluções da infraestrutura verde são mais baratas que as da infraestrutura cinza, como sistema de drenagem, filtração e retenção de água; (7) economia com gastos financeiros em mitigação de inundações e purificação da água, uma vez que previne enchentes e protege os mananciais de abastecimento de água potável; (8) prevenção contra processos erosivos; (9) promoção da saúde física e mental do homem, através da relação homem-natureza; (10) aumento da qualidade de vida; (11) aumento das oportunidades de lazer em áreas externas; (12) promove a educação ambiental; (13) direciona o crescimento para fora das áreas risco de desastres naturais, como enchentes, incêndios e deslizamentos; (14) proteção de áreas com potencial turístico, como monumentos naturais, e, conseqüentemente, aumento das oportunidades de retorno financeiro; (15) ajuda na determinação de onde se deve construir; (16) aumenta o valor das propriedades e dos impostos de arrecadação do governo incidentes sobre elas; (17) conciliação das correntes conservacionistas e desenvolvimentistas, reduzindo a oposição ao “desenvolvimento”; (18) e promoção do sentimento de cidadania dentro das comunidades, através do estabelecimento de um consenso sobre seu futuro. (BENEDICT; MCMAHON, 2006; HERZOG, 2009)

2.4. Componentes da Rede de Infraestrutura Verde

A rede de infraestrutura verde conecta os ecossistemas e as paisagens em um sistema de *hubs* e *links*, que variam em tamanho, função e domínio. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Os *Hubs* âncoram as redes de infraestrutura verde e proporcionam espaços para as plantas nativas e comunidades de animais, são também a origem ou o destino dos animais, das pessoas e dos processos ecológicos que se deslocam através do sistema. Os *hubs* (ou em português “nós”) possuem diferentes formas e tamanhos, podendo ser grandes reservas ou áreas de proteção, como refúgios nacionais da vida silvestre ou parques estaduais; extensas terras públicas, incluindo florestas extrativistas nacionais ou estaduais (como de madeira ou minério) ou as de valor recreativo ou natural; áreas particulares como fazendas e sítios; parques comunitários e espaços verdes, como parques urbanos e campos de golf, onde as características e os processos naturais são protegidos e/ou restaurados. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Dependendo das metas e objetivos da rede, os *hubs* podem responder a uma variedade de funções, incluindo a provisão de habitat para os animais e plantas nativas, garantia do funcionamento dos processos ecológicos sem interferências negativas, ou proporcionar uma origem e um destino para a vida selvagem e as pessoas que se movem ao longo do sistema. Os *hubs* da infraestrutura verde possuem as paisagens ecológicas maiores, menos fragmentadas e com melhor qualidade do sistema. [...] É importante assegurar que as áreas selecionadas como *hubs* sejam adequadas à conservação da fauna e da flora e à manutenção dos processos ecológicos naturais. (BENEDICT; MCMAHON, 2006 p.126-127, tradução nossa)

Os *hubs* precisam ser grandes o suficiente para servirem como blocos ecológicos adequados à construção da rede. Esse tamanho vai variar de acordo com o tamanho e a escala da área de projeto. Para funcionar bem como blocos ecológicos, os *hubs* devem ser uma unidade completa com uma borda relativamente suave, que podem corresponder às chamadas zonas de transição¹¹. É importante notar que *hubs* conterão lacunas (*gaps*), ou bolsões de áreas perturbadas ou áreas de domínio antrópico. Tais áreas representam uma excelente oportunidade para as atividades de restauração. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Os *Links* são as conexões que interligam todo o sistema. Essas conexões são fundamentais para a manutenção dos processos ecológicos vitais e para a saúde e a biodiversidade das populações nativas. Os *links* podem ter larguras, formatos e comprimentos variados, dependendo do tipo de ligação que configuram. As ligações da

¹¹ As zonas de transição têm a função de minimizar o denominado efeito de borda, ou seja, os impactos negativos sobre uma determinada unidade, no caso o *hub*.

paisagem (*landscape linkages*) são *links* especialmente longos e largos, que conectam parques, reservas e áreas naturais existentes, proporcionando espaço suficiente para as plantas e animais se reproduzirem, enquanto funcionam como corredores, conectando ecossistemas e paisagens. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

As ligações da paisagem podem também prover espaços para a proteção de sítios históricos e oportunidades de usos recreativos. Links e corredores verdes, como rios, córregos e planícies de inundação, servem como condutores biológicos da vida silvestre e também podem prover oportunidades para recreação ao ar livre, enquanto *greenways* e cinturões verdes (*greenbelts*) criam uma rede para o desenvolvimento, preservando os ecossistemas naturais e/ou fazendas e sítios e frequentemente proporcionam lugar para caminhada e ciclismo ou simplesmente contemplação da natureza. (BENEDICT; MCMAHON, 2006 p.13, tradução nossa)

Contudo, estabelecer um *link* numa rede de infraestrutura verde não se resume simplesmente a conectar dois pontos, é importante levar em consideração os princípios ecológicos das ligações. Os *links* devem conectar *hubs* com o mesmo tipo de paisagem (fluvial com fluvial), *hubs* de paisagens que são conectadas naturalmente (fluvial com costeira) e/ou *hubs* cujas ligações objetivam as necessidades de determinada espécie ou outras finalidades ecológicas. *Hubs* e outras áreas núcleo que são extremamente diferentes em termos de flora, fauna ou hidrologia normalmente não devem ser conectadas, pois tais ligações podem facilitar a migração de espécies não desejadas e/ou causar degradação da paisagem ao longo do tempo. Assim, é importante que seja feita previamente uma avaliação dos prós e contras da criação das novas ligações. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Uma questão importante é a largura que os *links* entre *hubs* devem ter. Eles devem possuir uma largura mínima necessária que viabilize o suporte ecológico pretendido pela rede. Contudo, não existe nenhuma medida mínima pré-estabelecida, pois é uma definição específica a cada caso, que depende das características do local. Mas, normalmente, quanto mais largo o corredor melhor, e quanto mais comprido for o corredor, mais largo ele deverá ser. Além disso, se a área de entorno do corredor for perturbadora, é importante que se expanda a largura acrescentando terrenos contíguos apropriados, nativos e não nativos, evitando terras identificadas como impróprias. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Segundo Benedict e McMahon (2006, p. 130, tradução nossa):

Uma vez que a maioria das áreas naturais já foram ou são modificadas pelas atividades humanas, é provável que não seja possível identificar trajetos contínuos entre todos os *hubs* da rede. Mesmo onde possam ser identificados trajetos contínuos, eles provavelmente serão muito estreitos para viabilizar o suporte ecológico da rede. Portanto, é importante a identificação de áreas onde a restauração da paisagem natural seja capaz de preencher as lacunas (*gaps*) ao longo dos *links* e/ou ampliar os *links* identificados.

Para que a rede de infraestrutura verde seja eficiente, os *links* são tão importantes quanto os *hubs*. Geralmente, a conectividade dos sistemas naturais é um importante indicador da saúde da paisagem. Ainda segundo Benedict e McMahon (2006, p.130, tradução nossa), “pesquisas mostram que um pequeno caminho ou nó conectado a uma rede de corredores é susceptível a ter mais espécies e uma menor taxa de extinção local do que um caminho do mesmo tamanho que seja separado da rede.” Além disso, corredores múltiplos podem ser altamente eficientes. Rotas alternativas ou redundantes numa rede podem reduzir os efeitos negativos causados por lacunas, perturbações ou predadores dentro dos corredores, aumentando assim a eficiência da rede. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

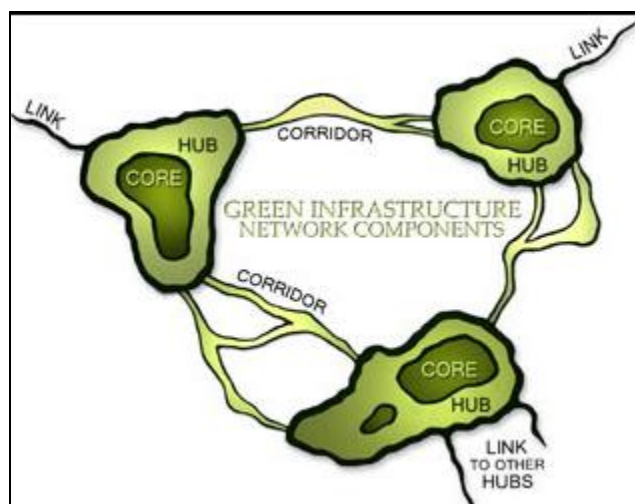


Figura 1: Componentes da rede de infraestrutura verde.

Fonte: <http://www.greeninfrastructure.net/content/definition-green-infrastructure> (acesso em 23.04.2011)

2.5. Como Projetar uma Rede de Infraestrutura Verde

Um planejamento abrangente da paisagem otimiza os processos e fluxos, bióticos e abióticos, da paisagem através da ligação dos *hubs* com usos adequados em um sistema de conservação integrado. Selecionar um *link* apropriado entre dois *hubs* requer da equipe de projeto a identificação das áreas que possuem atributos e processos ecológicos adequados para a ligação. Além disso, o planejamento e projeto de uma rede de infraestrutura verde é intrinsecamente interdisciplinar, uma vez que é necessário fazer um levantamento e uma análise detalhados dos aspectos geobiofísicos, sócio-culturais e econômicos. (MCHARG, 1969; BENEDICT; MCMAHON, 2006; HERZOG, 2009)

Em Benedict e McMahon (2006, p.120, tradução nossa) foram definidos critérios para identificação de locais com potencial para infraestrutura verde, em relação ao valor de preservação, os quais são apresentados abaixo:

Tamanho – a importância para a preservação da natureza aumenta com o tamanho:

quanto maior melhor.

Diversidade – variedade é melhor (amplitude de espécies e habitats).

Naturalidade – quanto menos modificado/alterado melhor.

Representação – comunidades naturais que não estejam bem representadas nas áreas de proteção existentes devem ter prioridade.

Raridade – locais com elementos raros são melhores.

Fragilidade – comunidades frágeis são mais valorizadas e merecedoras de proteção.

Tipificação – manutenção de bons exemplos das espécies comuns é importante.

História registrada – selecionar locais bem pesquisados e documentados com presença de espécies e habitats conhecidos é melhor do que suposições.

Posição da paisagem – particularmente importante na infraestrutura verde, a contiguidade que um local mantém com os elementos da paisagem vizinha é uma consideração importante (conectividade de habitats).

Valor potencial – locais pouco valorizados, mas com potencial de restauração e de valorização são importantes.

Apelo intrínseco – a proteção de certas espécies notáveis pode ser interessante para a sociedade e pode resultar em um melhor reconhecimento global para a conservação da natureza.

A seguir, será apresentada uma possível metodologia de como se projetar uma rede de infraestrutura verde baseada nos ensinamentos de Benedict e McMahon (2006).

O primeiro passo para a elaboração da rede de infraestrutura verde é identificar os possíveis *hubs* para a rede. E então, juntamente com a definição do recorte da área de projeto, definir qual o tamanho mínimo deverá ter um *hub* – proporcional à escala de projeto. O terceiro passo será eliminar os *hubs* pré-selecionados cujo tamanho seja inferior ao estabelecido. Já com a definição dos possíveis *hubs* da rede, o quarto passo é identificar os tipos de paisagem de cada um dos *hubs* e correlacionar, através de uma ligação esquemática, os que possuem o mesmo tipo de paisagem ou os de paisagens que são conectadas naturalmente ou aqueles cujas ligações objetivam algum tipo de finalidade ecológica. Isso permite que a rede seja projetada de forma que os padrões ecológicos naturais da área sejam replicados e que sejam proporcionados pontos apropriados de começo e fim para as ligações da paisagem.

Após a definição dos *hubs* e de suas possíveis ligações, devem ser definidos os *links* da rede. Para isso, primeiro deve ser feita a identificação das áreas que sejam apropriadas e inapropriadas para compor as ligações entre os *hubs*. O caminho mais adequado é o *link* que utiliza as terras mais apropriadas para conectar dois *hubs*. O próximo passo é definir quais dessas áreas são as mais adequadas. Tal definição pode ser feita através da elaboração de uma listagem com a hierarquização das áreas mais apropriadas, levando em consideração também a possibilidade de restauração de terras alteradas. Após a seleção das áreas mais adequadas, deve-se definir qual será a largura mínima necessária para os *links* de acordo com a escala de projeto.

Provavelmente, as áreas selecionadas para os *links* não comporão um trajeto contínuo ou talvez sejam estreitos demais para viabilizar o suporte ecológico da rede, de forma que será necessário incorporar também áreas modificadas passíveis de restauração à composição da rede, uma vez que a restauração das terras alteradas para paisagens naturais garante o preenchimento das lacunas. Áreas onde essas oportunidades não estão disponíveis tornam os corredores menos viáveis, e devem ser eliminadas para que seja garantida a integridade da rede.

Uma vez definidos os *hubs* e *links* é preciso avaliar os prós e contras da criação de cada ligação. Algumas vezes, as ligações podem causar deslocamentos indesejáveis, ou o benefício da criação de um *link* pode ser inferior ao risco que o mesmo possa oferecer, enfim, é preciso rever o projeto antes que este seja dado como concluído.

Além disso, caminhos inadequados, como os que cruzam estradas principais ou centros urbanos também deverão ser excluídos da rede.

Saber qual a estratégia apropriada para a aplicação da infraestrutura verde depende do tipo de cenário no qual ela será aplicada, por exemplo, se é urbano ou rural. Seja qual for o caso, infraestrutura verde significa olhar para a paisagem em função dos vários usos que ela poderia servir – para a natureza e para as pessoas – e determinar qual desses usos atingiria o máximo de benefício para ambos.

2.6. Infraestrutura Verde como Instrumento para o Planejamento do Uso e Ocupação do Solo

O primeiro princípio para a melhor ocupação de uma área é determinar onde não se ocupar. O processo de implementação da infraestrutura verde pode ajudar a identificar essas áreas. Mapear os sistemas naturais, por exemplo, pode ajudar as comunidades a direcionar seu desenvolvimento para locais longe de áreas alagáveis, reduzindo o custo com mitigação e controle de enchentes, bem como a vulnerabilidade dos assentamentos humanos aos danos das enchentes. Sendo, às vezes, menos oneroso e mais eficiente, afastar comunidades inteiras das áreas alagáveis do que construir estruturas para conter as enchentes. E de fato, a primeira e melhor solução seria não se construir em áreas alagáveis, e a infraestrutura verde pode contribuir para isso. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Como exposto anteriormente, dentre as possibilidades de aplicação da infraestrutura verde, encontra-se o planejamento de uma rede de infraestrutura verde em escalas mais abrangentes, baseado na proteção e recuperação de áreas naturais que são interconectadas a fim de promover os processos ecológicos naturais. Planejar essa rede implica em definir quais as áreas que integrarão o sistema e qual serão suas funções na rede. Tal definição está intrinsecamente relacionada com a definição do uso e ocupação do solo, uma vez que usos incompatíveis podem comprometer o funcionamento da rede, além de que definir quais serão as áreas integrantes da rede, envolve a definição de quais áreas deverão ser protegidas e logo, não ocupáveis. Assim, planejar uma rede de infraestrutura verde resulta, dentre outros resultados, na definição da ocupação do solo.

O planejamento de uma rede de infraestrutura verde em uma escala macro (municipal, estadual, regional ou até nacional) se concentra principalmente na proteção e promoção das ligações da paisagem, o que implica na compreensão da paisagem onde será aplicada a rede, sendo fundamental a avaliação tanto da sua estrutura quanto dos seus processos. (BENEDICT; MCMAHON, 2006)

Como já citado, o planejamento da paisagem é definido por Laurie (1975 p.91 *apud* HERZOG, 2009, p.28), como:

[...] a habilidade de tomar decisões baseadas nos critérios de fragilidade e valores que dependem da compreensão do ambiente e dos processos naturais e relações ecológicas básicas que ocorrem. É necessário encontrar uma maneira de avaliar as variáveis do sistema natural para que possam se tornar fatores determinantes poderosos e estratégicos para definir políticas de seu uso e de sua forma na tarefa de planejamento e de projeto.

Fazendo um paralelo com a infraestrutura verde, definir quais serão os *hubs* e os *links* adequados à rede, nada mais é do que tomar decisões baseadas na compreensão de uma dada paisagem – nos processos naturais e nas relações ecológicas – a partir da avaliação das variáveis do sistema natural. Assim, pode-se dizer que planejar uma rede de infraestrutura verde é planejar a paisagem, ou ainda, planejar a paisagem preocupando-se com o funcionamento dos processos ecológicos, logo, planejar ecologicamente a paisagem.

Nas últimas décadas, a teoria da ecologia da paisagem vem sendo utilizada no planejamento da paisagem como um caminho integrador dos diferentes temas a serem abordados. Isto porque a ecologia da paisagem permite aplicar procedimentos analíticos que conduzem à observação, sistematização e análise combinada dos múltiplos elementos interatuantes no ambiente, uma vez que, ela considera a heterogeneidade de uma área formada pelos diversos atributos como um objeto único de estudo. Nessa perspectiva, a paisagem é o objeto central da análise, observada como um conjunto de unidades naturais, alteradas ou substituídas por ação humana, que compõe um intrincado, heterogêneo e interativo mosaico. (SANTOS, 2004)

Segundo Santos (2004, p. 143):

Os ecologistas apresentam uma perspectiva de análise sobre a função da paisagem importante para o planejador. Indicam que a estrutura da paisagem é uma imagem instantânea da distribuição da matéria e energia

pelos processos ecológicos num determinado tempo e que sua observação em longos períodos permite deduzir, mesmo que parcialmente, a dinâmica do espaço.

A estrutura da paisagem pode ser observada a partir de três elementos básicos: a matriz, a mancha e o corredor. Matriz é o elemento que tem domínio ou que controla a dinâmica da paisagem, em geral reconhecida pelo predomínio de área ocupada no espaço, com menor grau de fragmentação. As manchas são os fragmentos não lineares de aparente homogeneidade, que interrompem a matriz. E os corredores são elementos lineares também de aparente homogeneidade e distinguíveis na matriz. A presença de pelo menos dois desses elementos caracteriza a ocorrência de um mosaico na paisagem. (SANTOS, 2004; TARDIN, 2008)

Para a infraestrutura verde, a importância de se identificar essa estrutura da paisagem está em definir qual o papel que cada um desses elementos exercerá na rede da infraestrutura verde. Por exemplo, é provável que os corredores exerçam papel de *links*, principalmente quando identificados como corredores naturais (ex. corredores ripários), e que as manchas, dependendo do tamanho e grau de conservação de sua qualidade ambiental, funcionem como *hubs*. Fazer uma rede de infraestrutura verde é promover as ligações da paisagem, ou seja, conectar os fragmentos.

Para aplicar os conceitos da ecologia da paisagem em planejamento, deve-se considerar que essa teoria vem sendo desenvolvida em diferentes campos do conhecimento, com princípios, conceitos e estratégias próprios. O enfoque urbanístico, por exemplo, destaca a evolução da paisagem ao longo de um período de tempo – verdadeiros retratos sequenciados – utiliza os princípios da construção de cenários e trabalha na procura de um arranjo ótimo do uso da terra sob a dimensão ambiental. Seja qual for o enfoque, espera-se num planejamento ecológico da paisagem a compreensão da relação entre a estrutura da paisagem e os processos ecológicos. (SANTOS, 2004)

A observação das interações entre a estrutura da paisagem (tamanho, forma, arranjo e conexão entre seus elementos) e seus processos ecológicos permite que vários fenômenos sejam averiguados, como: a capacidade do meio em recuperar-se e continuar em equilíbrio apesar de uma mudança; o tempo de sobrevivência de um sistema ou de algum de seus componentes; a resistência às mudanças; os efeitos de barreira; as consequências das mudanças dos movimentos e transporte de agentes (organismos, água, ar) entre os elementos da paisagem; a medida da

facilidade de ocorrência dos fluxos biológicos (conectividade); a permeabilidade da matriz; a evolução da fragmentação relacionada aos tipos de perturbação; os efeitos de borda dos fragmentos; os pontos de ligação (áreas de habitat dispersas), que facilitam os fluxos entre manchas, e a variação da diversidade na paisagem. (SANTOS, 2004, p. 144)

Dentre os diferentes campos do conhecimento, uma das possíveis metodologias para se planejar ecologicamente a paisagem, é fazer inicialmente a identificação dos condicionantes (ou indicadores do meio) da paisagem, através de um diagnóstico global de cenário passado e presente. Os condicionantes refletem as potencialidades, fragilidades, acertos e conflitos e devem ter a capacidade de repartir o território em unidades representativas da heterogeneidade do meio – chamadas de unidades da paisagem¹². Os principais métodos da ecologia da paisagem definem as unidades de paisagem a partir de avaliações espaciais e utilizam, em geral, como instrumento as imagens de sensores remotos. No entanto, para se obter a compartimentação final em unidades da paisagem, além de integrar as informações, é recomendado inserir aspectos da história do local nas avaliações. (SANTOS, 2004)

Assim, a infraestrutura verde, considerada como o estado da arte do planejamento ecológico da paisagem, empregada no planejamento de uma rede ecológica, configurada por uma rede de áreas naturais interconectadas que mantém os processos ecológicos naturais, promove tanto benefícios ecológicos como também direciona a ocupação do uso do solo. Planejar uma rede de infraestrutura verde, como visto, significa compreender determinada paisagem e definir quais são os espaços a serem preservados ou recuperados e de que forma eles serão incorporados à rede, de modo que, planejar a rede de infraestrutura verde ajuda a determinar quais áreas são destinadas a ocupação e quais devem ser preservadas, sendo, portanto, um instrumento eficaz ao planejamento da ocupação e uso do solo.

¹² A unidade da paisagem pode ser explicada como a síntese dos fatores que a constituem. Ela representa um corpo complexo, em função de todos os demais elementos que compõem o meio. Contudo, existem diferentes percepções sobre unidades de paisagem, variando principalmente em função dos tipos de abordagem (geográfica, ecológica, biológica etc) e da escala adotada. As unidades de paisagem podem ser classificadas, por exemplo, em uso intensivo, uso restrito, de recuperação ambiental, amortecimento, conservação ambiental, dentre outros. (SANTOS, 2004)