



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 2

MANUAL DE INFRAESTRUTURA VERDE PARA A FAIXA FERROVIÁRIA

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da malha ferroviária da CPTM, com 196km de extensão, existe uma vasta área livre adjacente às linhas, caracterizada principalmente pela permeabilidade do solo e exposição ao céu aberto. Esta área da faixa ferroviária é utilizada para apoio operacional, abrigando equipamentos e infraestruturas de sistemas fundamentais para a operação e manutenção dos trens, além de garantir o espaço e distâncias necessárias para o funcionamento e segurança do sistema ferroviário dentro do contexto urbano.

Neste espaço aberto existe uma vegetação que cresce naturalmente e que, devido à proximidade com os trilhos e consequentes restrições de segurança, é de difícil



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

manutenção, podendo eventualmente gerar interferências com a circulação de trens. Por conta disso, observa-se um elevado número de falhas operacionais relacionadas à necessidade de poda ou remoção de árvores, implicando em custos e possíveis transtornos ao passageiro.

Ao realizarmos um planejamento cuidadoso da vegetação ao longo da via, verifica-se a possibilidade de minimizar consideravelmente os impactos negativos causados pelas plantas e árvores para a operação, potencialmente resultando em uma redução significativa das falhas. Além disso, com a adoção de técnicas de infraestrutura verde e seleção adequada das espécies vegetais, o paisagismo tem potencial para trazer melhorias para o ecossistema em que se encontra a ferrovia, atuando até mesmo em problemas não diretamente relacionados à vegetação, como a drenagem e a captura de CO₂.

Dada a extensão considerável da área disponível ao longo da ferrovia, é possível que uma intervenção e um planejamento paisagístico adequados tenham um impacto positivo significativo não apenas na operação da ferrovia, mas também no contexto urbano. Esta necessidade se torna ainda mais premente quando consideramos a necessidade de preparo para o aumento progressivo das ocorrências relacionadas às mudanças climáticas, como chuvas intensas, enchentes e temperaturas extremas.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

2. DIAGNÓSTICO

2.1. A configuração da metrópole

As ferrovias da Região Metropolitana de São Paulo, anteriormente utilizadas unicamente para transporte de carga, hoje são utilizadas também para o transporte de passageiros e administradas pela CPTM. Estas seguem o mesmo percurso desde a sua implantação, que no caso da linha 10 – Turquesa, ocorreu em 1867, construída pela São Paulo Railway.

Algumas das linhas de trem utilizadas até hoje em São Paulo foram construídas ao longo das várzeas dos rios, devido ao conhecimento, definições urbanísticas e tecnologia aplicados na época:

O sistema ferroviário, ao procurar terrenos disponíveis, baratos, planos e contínuos para sua passagem, elegeu preferencialmente o trajeto em paralelo aos principais rios, inaugurando o irreversível processo de construção das várzeas como espaço habitável.

A mão-de-obra e o maquinário se serviram igualmente da infra-estrutura ferroviária, único meio de transporte eficiente e em grande escala capaz de superar os obstáculos da Serra do Mar, conectando o Porto de Santos, a capital e o interior do estado. A indústria, dependente do transporte sobre trilhos, buscou implantar-se em áreas próximas à ferrovia, levando consigo os bairros operários, sacramentando o uso das várzeas também para o assentamento de setores habitacionais. (FRANCO, 2005, p.11)



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Dessa forma, a Região Metropolitana de São Paulo se estruturou, a partir da ferrovia, buscando viabilizar o escoamento da produção de café e impulsionando o desenvolvimento urbano e industrial ao longo dos trilhos.

Não por acaso, as regiões das várzeas dos rios enfrentam inundações recorrentes. A infraestrutura urbana instalada nestes locais foi dimensionada de forma a prever enchentes mensuradas até o início do século XX. No entanto, diversos fatores influenciam o funcionamento desses sistemas.

Um deles é a crescente impermeabilização do solo, que ocorre devido ao crescimento das cidades e pavimentação das ruas e calçadas, sem que haja espaço suficiente para áreas verdes. Outro fator que pode agravar as inundações é o aumento da intensidade e da frequência das chuvas observado nos últimos anos devido às mudanças climáticas.

Com o agravamento de alguns dos aspectos que interferem na inundação dos rios, o sistema de drenagem projetado e implantado anteriormente deixa de ser suficiente e, conseqüentemente aumenta a ocorrência e a gravidade de inundações e alagamentos das cidades.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

2.2. Problemas operacionais relacionados à vegetação

Para o funcionamento da ferrovia, é necessária uma área *non-aedificandi* de 15m de cada lado dos trilhos, exigida na Lei Federal N°6766/79. Considerando que a rede da CPTM tem hoje 196km de extensão, temos mais de 5.800 metros quadrados de área livre. Nessa área, a vegetação nasce naturalmente, ocasionando, por vezes, algumas interferências com a circulação de trens.

Algumas das falhas operacionais relacionadas à vegetação existente na faixa de domínio da CPTM incluem queda de árvores, arbustos e galhos, que pode chegar a interromper a circulação de trens, caso ocorra sobre a via permanente, ou danificar equipamentos, rede aérea ou edificações do sistema. Além disso, espécies arbóreas decíduas ou com floração intensa podem provocar entupimento de canaletas de drenagem.

É possível também haver o atropelamento de animais, que invadem a área da ferrovia atraídos por espécies frutíferas. Além disso, a queda de frutos pode trazer danos materiais ou acidentes a pessoas. Espécies produtoras de flores melíferas também podem atrair abelhas, podendo causar ataques a funcionários e passageiros.

Espécies de crescimento rápido ou lianas podem causar danos à rede aérea, além da obstrução da visão da sinalização. Da mesma forma, as raízes da vegetação podem interferir com a infraestrutura da via permanente, sistemas subterrâneos, calçadas e canaletas de drenagem.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A ausência de vegetação também pode gerar problemas operacionais para a empresa, uma vez que o solo exposto, principalmente em taludes ou terrenos inclinados, está mais sujeito a erosões, o que também pode causar a interrupção da circulação de trens. A erosão também facilita a queda de árvores e arbustos e o levantamento de raízes.

2.3. Possíveis problemas operacionais em decorrência das mudanças climáticas

Devido à exposição da infraestrutura ferroviária aos elementos climáticos, o setor de transportes está continuamente sujeito a problemas de natureza meteorológica, como enchentes, secas, tempestades e temperaturas extremas, que impactam na eficiência operacional. A influência humana no sistema climático é um fato amplamente reconhecido, resultando em um aumento da temperatura da superfície terrestre e impactando os padrões climáticos em todo o mundo. Projeções indicam que podemos esperar um aumento na duração, escala, frequência e magnitude desses fenômenos, fazendo com que climas extremos de hoje sejam considerados comuns num futuro próximo.

Entre outros desafios já enfrentados direta ou indiretamente pela ferrovia, devido a condições climáticas extremas, está o aumento da intensidade e frequência das



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

tempestades. As fortes chuvas e ventos podem levar a queda de árvores e danos à via, além da interrupção do fornecimento de energia.

Com o aumento da frequência e intensidade de chuvas intensas, alagamentos e inundações tendem a se agravar. Muitas linhas ferroviárias foram construídas ao longo de rios, o que faz com que estejam vulneráveis a esse tipo de ocorrência. Os alagamentos e inundações ao longo da ferrovia podem causar danos à infraestrutura da via permanente e edificações do sistema. Também agravadas pelas chuvas intensas são as erosões e deslizamentos de solo ao redor das ferrovias, podendo comprometer a circulação de trens e exigindo reparos e manutenção adicionais.

O aumento da temperatura também é um potencial risco à operação da ferrovia, por aumentar o risco de deformação de peças devido à dilatação térmica, superaquecimento de componentes e aumento da frequência de falhas. Secas também podem acontecer mais frequentemente, aumentando o risco de incêndios que podem atingir o sistema ferroviário.

No contexto da operação ferroviária, é crucial reconhecer que tais condições climáticas não foram inicialmente contempladas no planejamento da infraestrutura, o que pode resultar na redução da vida útil dos sistemas implantados, comprometer a segurança e aumentar os custos de manutenção e operação.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A CPTM é responsável por 13,5% dos passageiros transportados pelo transporte coletivo na Região Metropolitana de São Paulo, segundo a Pesquisa Origem-Destino 2017. Considerando a relevância do sistema de transporte sobre trilhos, é imperativo que o sistema não apenas resista às condições climáticas extremas e que se recupere rapidamente, mas também que seja capaz de continuar operando nas futuras condições climáticas.

3. MANEJO DOS RECURSOS NATURAIS EM ÁREAS URBANAS

Com planejamento e gestão apropriados, a faixa *non-aedificandi* da via permanente pode passar a exercer um importante papel para a região metropolitana onde se insere. A utilização do espaço como áreas verdes ao longo da via gera inúmeros benefícios ao meio ambiente e para a saúde humana.

A absorção do dióxido de carbono e de outros poluentes atmosféricos pelas plantas ajuda a reduzir a poluição do ar. No entanto, além de melhorar a qualidade do ar, as plantas também têm potencial de melhorar a qualidade da água. Algumas espécies retiram da água nutrientes e substâncias tóxicas, contribuindo para descontaminar a água que é absorvida pelo solo e enviada aos lençóis freáticos.

A vegetação também ajuda a proteger o solo contra a insolação direta, reduzindo sua evaporação e encrustamento. Outra consequência da presença de vegetação é a



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

redução do impacto da chuva no solo, reduzindo o risco de erosões. Essas características somadas resultam no aumento da absorção da água da chuva pelo solo e reduz o escoamento superficial, ajudando a prevenir inundações e melhorando a gestão de águas pluviais nas cidades, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos e evitando a poluição dos cursos d'água.

Outra característica das áreas verdes é de regulação do clima urbano, que acontece devido à absorção dos raios solares pelas plantas, ao fornecimento de sombra e à evapotranspiração. Dessa forma, as áreas verdes contribuem com a redução das “ilhas de calor”, caracterizadas pela ocorrência de maiores temperaturas nas cidades em relação aos seus arredores, devido à concentração de materiais que absorvem o calor, como o asfalto e o concreto.

As áreas verdes também beneficiam a fauna, servindo como habitat e fornecendo recursos para uma variedade de espécies de plantas e animais, como por exemplo a joaninha, inseto consumidor de pragas e que ajuda a manter o controle de pestes, e insetos polinizadores, que ajudam no florescimento dos jardins, promovendo a biodiversidade urbana e apoiando a saúde dos ecossistemas locais.

O ser humano também é favorecido. Conforme estudo publicado no *The World Journal of Biological Psychiatry*, ficar mais tempo ao ar livre altera até mesmo a estrutura cerebral, aumentando a massa cinzenta no córtex pré-frontal, região envolvida no



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

planejamento, na regulação das ações e no desempenho cognitivo. É a constatação de que essas funções trabalham de modo mais adequado quando passamos mais tempo em ambientes arejados. Outro estudo realizado em conjunto pela Universidade de Harvard e o Brigham and Women's Hospital concluiu que a taxa de mortalidade das mulheres que viviam em áreas mais verdes era 12% mais baixa do que aquelas vivendo em centros urbanos menos arborizados. Os especialistas sugerem que entre os fatores que reduzem essa mortalidade está o cultivo da saúde mental, que eles estimam ser responsável por 30% da melhora na saúde de viver em áreas mais verdes.

A área livre disponível ao longo da ferrovia pode, assim como os canteiros implantados ao longo de ruas e avenidas para automóveis, contribuir com cada um desses benefícios para as cidades nas quais está inserida. A grande extensão e configuração linear da rede ferroviária sugere que o amplo espaço disponível tem potencial de impactar significativamente o seu entorno, inclusive oferecendo áreas de conexão entre áreas verdes existentes.

3.1. Soluções baseadas na Natureza (SbN)

As adaptações às mudanças climáticas podem incluir várias ações em potencial e, as soluções baseadas na natureza atuam em complementação às intervenções comuns. Trata-se de ações para gestão e uso sustentável dos recursos e processos naturais para



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

enfrentar os desafios socioambientais, promovendo simultaneamente o bem-estar humano e benefícios para a biodiversidade. O conceito de Soluções baseadas na Natureza (SbN) tem sido cada vez mais adotado internacionalmente, devido à necessidade urgente de encontrar soluções práticas, flexíveis e com bom custo-benefício para reduzir a vulnerabilidade das cidades no enfrentamento das mudanças climáticas.

Essas soluções englobam uma ampla gama de intervenções, desde a restauração de ecossistemas naturais até a incorporação de elementos naturais em projetos de infraestrutura urbana.

Conforme definição do Programa das Nações Unidas para o Ambiente, Soluções baseadas na Natureza (SbN) são:

Ações para proteger, conservar, restaurar, visando o manejo sustentável de recursos naturais ou modificados dos ecossistemas terrestres, de água doce, costeiros e marinhos, que também abordam desafios sociais, econômicos e ambientais de forma eficaz e adaptável, ao mesmo tempo em que promove bem-estar humano, serviços ecossistêmicos, resiliência e benefícios para a biodiversidade. (UNEP, 2022)

De acordo com o Grupo de Interação à Pesquisa em Soluções baseadas na Natureza (GIP-SbN), trata-se de um termo guarda-chuva criado pela União Europeia que contempla soluções de engenharia que mimetizam os processos naturais. Dessa forma, pode ser considerada uma definição ampla de bioengenharia que contempla ampla variedade de abordagens relacionadas aos ecossistemas e busca dar subsídios para



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

questões e desafios socioambientais. As SbN podem ser utilizadas sozinhas ou de maneira integrada com outras soluções de engenharia clássica, visando a um ambiente urbano mais sustentável, resiliente e saudável.

3.2. Infraestrutura Verde

A infraestrutura verde é um exemplo de Solução baseada na Natureza, no qual uma rede de áreas naturais é estrategicamente planejada para promover diversos serviços para o ecossistema, como purificação da água, qualidade do ar, espaços para recreação e adaptação e mitigação do clima. Em vez de depender exclusivamente de infraestrutura cinza, como estradas, edifícios e sistemas de drenagem convencionais, a infraestrutura verde utiliza elementos naturais, como vegetação, água e solo, para fornecer uma série de benefícios sociais, econômicos e ambientais. A vantagem da utilização de soluções baseadas na natureza, em comparação com soluções de engenharia civil, é a sua flexibilidade e baixo custo relativo, sem alterar o cenário natural.

Além de parques, praças e jardins, a infraestrutura verde também conta com Corredores Verdes, que são faixas de vegetação ao longo de ruas, rodovias, ferrovias e corpos d'água que ajudam a conectar áreas naturais, proporcionando habitat para a vida selvagem, promovendo a biodiversidade e oferecendo uma alternativa mais agradável para pedestres, passageiros e ciclistas.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A vegetação da infraestrutura verde pode promover práticas de manejo de água que imitam processos naturais, como infiltração, evapotranspiração e armazenamento de água, para reduzir o escoamento pluvial, minimizar inundações e melhorar a qualidade da água.

3.3. Sistemas de biorretenção

O jardim de chuva é formado por espécies vegetais de diferentes tamanhos, plantadas em alguma depressão de terreno que sofre alagamento. É projetado para reter temporariamente a água e absorver o escoamento da água da chuva que flui de telhados, pátios, gramados, calçadas e ruas.

Li e Zhao apud Melo (2014) descrevem o jardim de chuva como uma estrutura hidrológica funcional na paisagem, de baixo investimento e manutenção simplificada, no qual, através do sistema solo-planta-atmosfera e processos de infiltração, retenção e absorção, purifica e absorve as águas pluviais de pequenas áreas.

Já as biovaletas são depressões lineares no solo, preenchidas com vegetação e elementos filtrantes, que tem como objetivo tratar o escoamento de água das vias. Após processar uma limpeza da água da chuva, ela pode ser encaminhada para os jardins de chuva conforme o declive do terreno, ou ser absorvida ao longo da própria biovaleta, caso esta permita a infiltração direta no solo.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Os jardins de chuva e biovaletas fazem parte do Sistema de Biorretenção, que costuma ser utilizadas em vias de circulação de transportes em complementação à drenagem urbana, agindo como uma bacia que armazena a água da chuva por um determinado período e permite uma absorção lenta desta água pelo solo, minimizando a saturação do sistema de drenagem em períodos de grandes volumes de precipitação e contribuindo para a prevenção de inundações. O sistema também é capaz de reduzir a contaminação das bacias hidrográficas locais, protegendo as águas subterrâneas.

4. CRITÉRIOS ABORDADOS NO MANUAL DE INFRAESTRUTURA VERDE

Como possível solução para os problemas operacionais enfrentados na empresa e com o intuito de aplicar as técnicas de manejo dos recursos naturais nas áreas disponíveis, iniciou-se a elaboração do Manual de Infraestrutura Verde, que estabelece critérios para o plantio de espécies vegetais nas áreas de domínio da empresa junto à ferrovia.

4.1. Diretrizes existentes na CPTM

Os projetos de paisagismo elaborados na CPTM têm o objetivo de utilizar o espaço externo disponível para o plantio de espécies de forma funcional, contribuindo para o meio ambiente, ao mesmo tempo em que garante a acessibilidade e o bem-estar dos



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

passageiros. A empresa fornece documentação específica que estabelece diretrizes para os projetos de arquitetura, paisagismo e urbanização para edificações ferroviárias e seu entorno, com a premissa de sustentabilidade das edificações e operacionalidade do sistema.

As orientações já são amplamente adotadas em projetos de estações e pátios; no entanto, a ideia de utilizar os mesmos conceitos em áreas de grande extensão ao longo da via permanente, atualmente subutilizadas, tem o potencial de impactar positivamente a operação e circulação dos trens, a drenagem do meio em que se insere, além dos demais benefícios já citados.

Todo projeto de paisagismo nas áreas de influência da CPTM deve considerar sua compatibilidade com as leis e diretrizes de uso e ocupação do solo, bem como com os bens tombados, se houver, e obter aprovação dos órgãos competentes (quando necessário), com a sua adequação ao terreno, ou seja, inserção ao meio urbano e em concordância com a legislação aplicável.

Além disso, deve ser priorizada a escolha de espécies do bioma nativo da Região Metropolitana de São Paulo, Mata Atlântica e Cerrado e a facilidade de manutenção. No caso dos jardins localizados próximos a estações ou espaços com circulação de passageiros ou funcionários, deve ser considerado o fluxo de pessoas e a acessibilidade universal, o meio urbano e a cota de inundação do terreno onde será implantado.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Além das diretrizes existentes na CPTM, também foram utilizadas premissas do *Projeto Pomar Urbano*, que é um projeto focado no monitoramento de espécies de plantas frutíferas em áreas urbanas em todo o Brasil, com o objetivo de criar uma base de conhecimento abrangente sobre o momento e os locais de frutificação e floração de plantas frutíferas nas cidades brasileiras.

Algumas recomendações técnicas que constam nos relatórios do *Projeto Pomar Urbano* foram consideradas relevantes para a definição das premissas para o plantio dos jardins ao longo da via permanente, para não causar problemas na operacionalidade da ferrovia, tais como interferências com a rede aérea e risco de queda de árvores e galhos sobre a faixa operacional.

Algumas dessas premissas são a consideração de uma faixa de segurança mínima entre as copas das árvores e os postes da rede aérea; o estabelecimento de distância mínima entre as plantas e a ferrovia, dependendo do porte de cada espécie, para que não sejam causados danos ao lastro, às canaletas de drenagem e demais infra e superestrutura da ferrovia; a proibição de árvores e palmeiras de grande porte, devido ao risco de queda de galhos e folhas sobre a infraestrutura da ferrovia; a consideração das redes subterrâneas de infraestruturas existentes no local, tanto na fase de implantação quanto a médio e longo prazo, em função do crescimento das raízes das árvores; além



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

da existência de uma faixa de 2 metros sem plantio de árvores ou forrações entre os portões de acesso à área operacional da ferrovia para acesso da equipe de manutenção.

4.2. Locação das espécies

O Manual elaborado estabelece critérios para o distanciamento do plantio de cada espécie em relação à via permanente, com o objetivo de garantir as distâncias mínimas do gabarito de via permanente estipulado pela CPTM, evitando interferência com a circulação de trens. A depender do porte de cada uma das espécies (rasteiras, herbáceas até 1m, arbustos e árvores de pequeno porte), foi definida uma distância maior ou menor da via. Para os taludes, foi recomendado o plantio de espécies rasteiras que ajudem na contenção da terra, evitando erosões.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

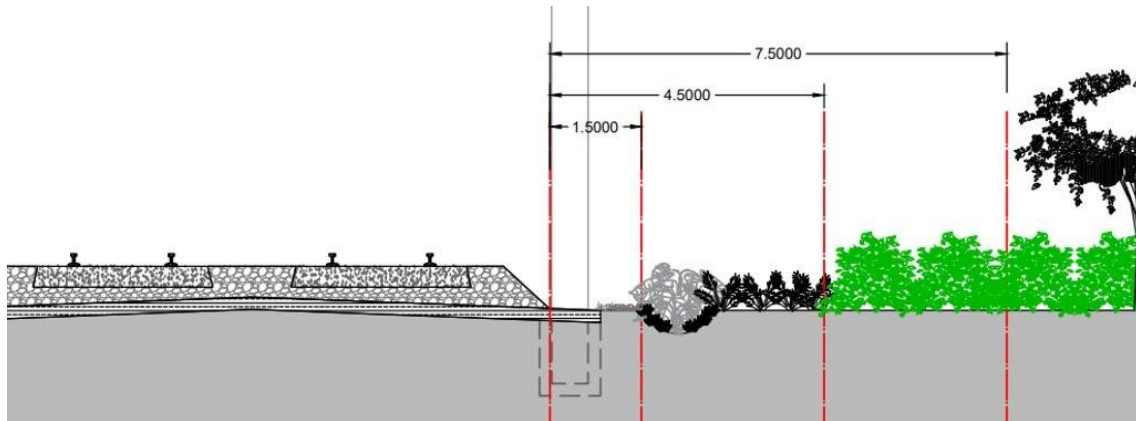


Figura 1 – Distâncias mínimas das espécies à via, em exemplo de lateral da via sem drenagem e com biovaleta.

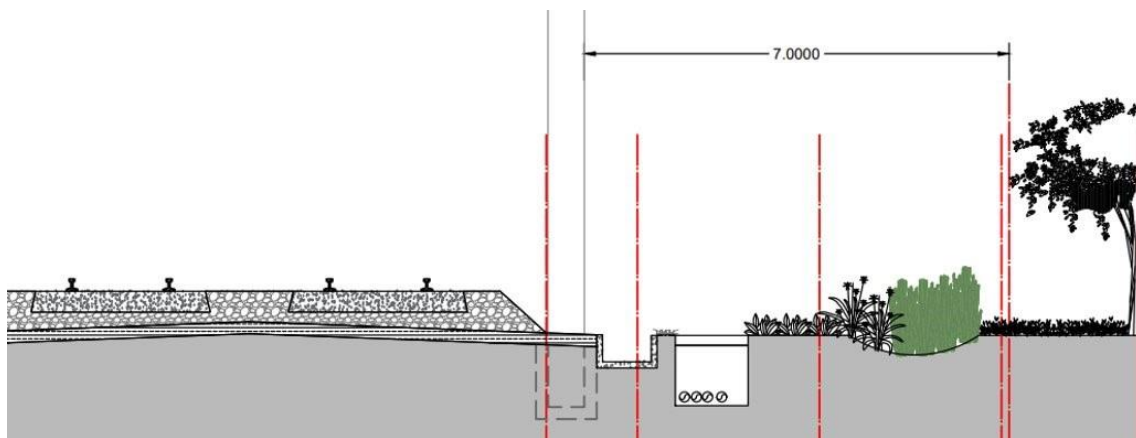


Figura 2 - Distâncias mínimas das árvores aos postes de rede aérea, em exemplo de lateral da via com drenagem, banco de dutos e jardim de chuva.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

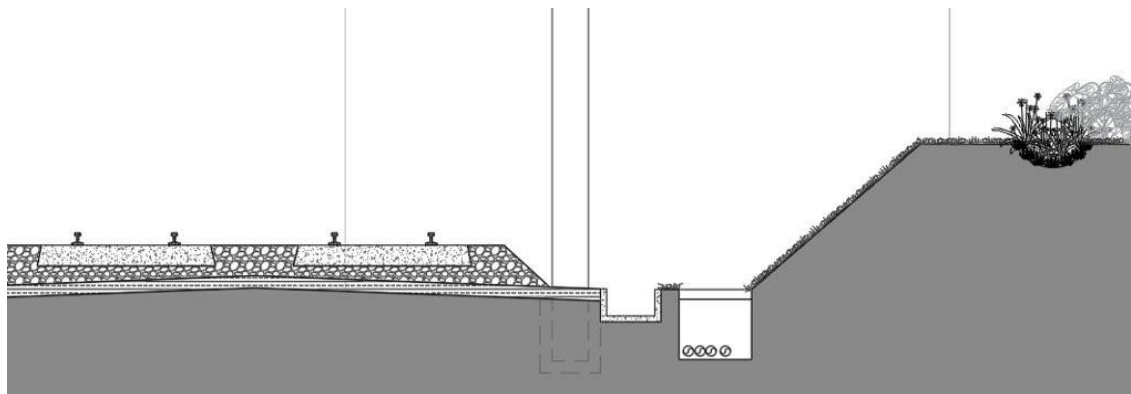


Figura 3 - Exemplo de lateral da via com drenagem, banco de dutos e biovaleta na parte superior do talude.

4.3. Execução dos sistemas de biorretenção

Se houver largura suficiente disponível na faixa de domínio ao lado dos trilhos, é sugerida a instalação de biovaletas e jardins de chuva ao longo da via férrea, com o objetivo de atrair o escoamento da água para a lateral, no caso de chuvas fortes, evitando as enchentes na via e seu impacto na circulação de trens, principalmente em regiões sujeitas a alagamento. Deve ser considerada a inclinação do local para que a água escorra naturalmente em direção ao sistema de biorretenção e não em direção à via.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

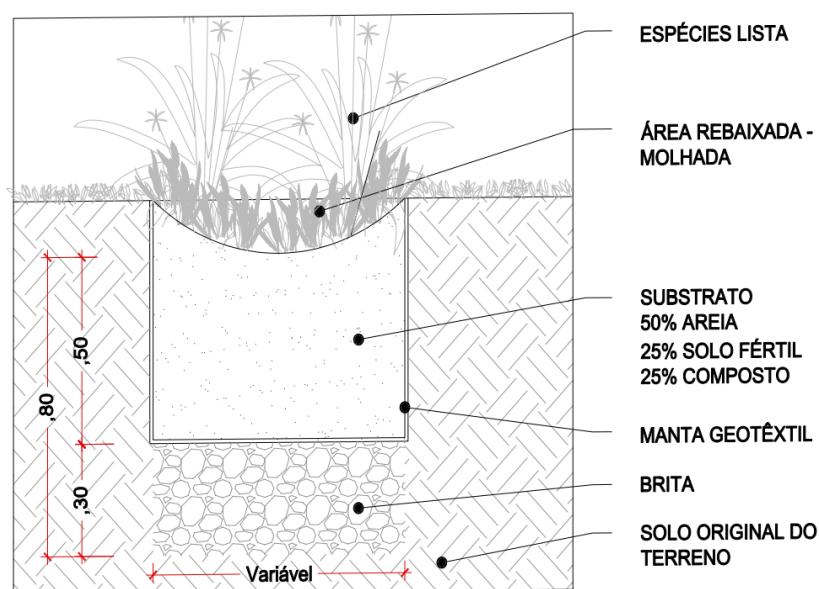


Figura 4 - Plantio de jardim de chuva ou biovaleta. Detalhe elaborado pela equipe de projetos do Departamento de Projetos de Edificações - DEPE - CPTM.

4.4. Escolha das espécies

Para a escolha das espécies, foram considerados os fatores de segurança operacional da CPTM ao longo das vias permanentes, nos pátios e estações, além da segurança dos usuários nas estações e no entorno (calçadas, praças e travessias de pedestres para acesso às estações). Desta forma, foram listadas as características favoráveis e desfavoráveis das espécies vegetais a serem sugeridas para os plantios.

Entre as características favoráveis, estão o rápido crescimento, a capacidade de fornecimento de sombra, a rusticidade e baixa exigência em manutenção, a resistência



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

natural a pragas e doenças, o sistema radicular pivotante ou adequado a cada situação, o potencial paisagístico, o tamanho e porte compatíveis com o espaço onde serão utilizados, a produção de flores e frutos pequenos, as folhas atóxicas, a compatibilidade com as condições edafoclimáticas, entre outras.

Entre as características desfavoráveis, estão a produção de frutos atrativos de fauna indesejável, a deciduidade (para determinadas situações), a presença de espinhos ou acúleos nos troncos e ramos, a produção de secreções que provocam reações alérgicas, grande porte, produção de frutos grandes, estruturas frágeis (troncos, galhos e ramos quebradiços, suscetíveis ao ataque de cupins, brocas ou agentes patogênicos), a incompatibilidade com as condições edafoclimáticas, entre outras.

Foi frisada a importância em evitar solo exposto e sem cobertura de espécies vegetais, para que o sistema funcione adequadamente, evitando a impermeabilidade do solo, seu ressecamento e diminuindo significativamente o risco de erosões e enchentes.

Foram listadas tanto espécies nativas quanto exóticas; no entanto, foi recomendado dar prioridade ao plantio de espécies nativas, para garantir o bom funcionamento de todo o ecossistema, além da melhor resistência a pragas.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

4.5. Técnicas para o manejo

Foram especificadas técnicas de manejo que contemplam desde a obtenção das mudas, época do plantio, coveamento, adubação, plantio e tutoramento. Apesar de as espécies e sistemas serem selecionados para que seja necessário o mínimo possível de manutenção, também existem diretrizes para quando cuidados forem necessários, considerando podas e supressão de exemplares, além de controle de pragas e doenças.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Devido à extensão da área de trabalho, optou-se pela elaboração de um Projeto Piloto, para verificar a eficácia das orientações propostas e a necessidade de possíveis ajustes, previamente à implantação no sistema como um todo. Por meio de contrato de manejo de vegetação, plantio e manutenção, pretende-se viabilizar a execução das diretrizes que foram dadas no manual.

5.1. Levantamento da situação dos alagamentos na rede ferroviária

Foi utilizado um levantamento, feito pela Diretoria de Operação e Manutenção da CPTM, de todas as ocorrências de alagamentos na rede da CPTM dos últimos 5 anos, para verificar quais eram os pontos em que as falhas ocorrem com maior frequência.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

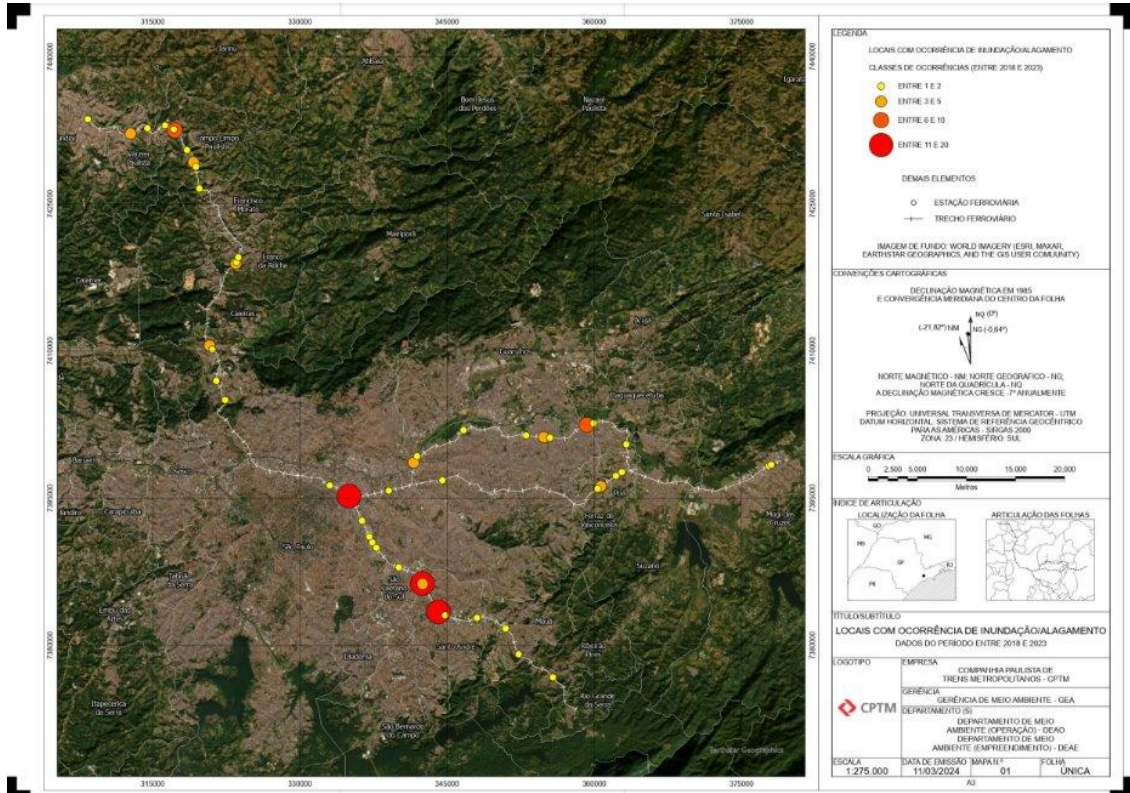


Figura 5: Levantamento de locais com ocorrência de alagamentos.

Foi possível observar que os principais pontos de alagamento ou inundação acontecem majoritariamente próximos a rios ou córregos. Também é possível concluir que a maior parte das inundações ocorre ao longo da Linha 10 – Turquesa.

Essa tendência corrobora a explicação dada anteriormente a respeito da estruturação da Região Metropolitana de São Paulo ao longo das várzeas dos rios, em regiões naturalmente sujeitas a enchentes. Uma teoria levantada a partir da interpretação do mapa é a de que as inundações e alagamentos ocorridos na CPTM tem grande influência



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

do desenho urbano, da configuração e planejamento da ferrovia e do fato de se localizar próxima às margens dos grandes rios.

Outro fator que colabora com os principais locais de ocorrência das inundações e alagamentos na rede da CPTM é a drenagem urbana das cidades pelas quais passa a ferrovia. Com o contínuo processo de impermeabilização do solo nas cidades, devido a utilização de materiais que dificultam o escoamento natural da água para os lençóis freáticos, como asfalto e concreto, a necessidade de uma drenagem urbana eficiente é cada vez maior.

Da mesma forma, conforme já citado anteriormente, o aumento da frequência e da intensidade das chuvas também sobrecarrega o sistema existente.

5.2. Escolha do local de implantação do Projeto Piloto

A escolha do local pode partir de dois pressupostos. O primeiro deles seria escolher o local de maior ocorrência de alagamentos e seguir com a medição para que seja possível concluir se houve ou não diminuição da frequência e da gravidade dos eventos.

No entanto, existe o receio de que, em locais muito próximos aos corpos d'água ou em situações nas quais o lençol freático está muito próximo do nível do solo, a absorção da água pelo solo seja menos eficiente, gerando um resultado pouco satisfatório.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Outra possibilidade é a escolha de um local com menor frequência e gravidade de ocorrências, para evitar essa possibilidade. No entanto, a medição do resultado poderia ficar prejudicada, pois menos ocorrências geram menos dados de comparação.

Existem outros fatores a serem considerados na escolha do local do projeto piloto, como por exemplo a facilidade de acesso. Pontos de alagamento da via permanente entre estações tem acesso mais dificultado do que alagamentos que ocorrem próximos às estações.

A presença de grande fluxo de passageiros junto aos jardins também pode ter influência nos resultados, uma vez que é possível que aconteça uma deterioração do jardim devido ao movimento de pessoas, podendo impactar na capacidade de drenagem. Por outro lado, é positiva a presença de jardins em áreas públicas devido ao contato dos passageiros com as áreas verdes.

Alguns dos pontos considerados são a Estação Brás, a Estação Utinga e o trecho entre as estações Jardim Romano e Eng. Manoel Feio.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

5.3. Medições e avaliações finais

Após implantados os sistemas de biorretenção no Projeto Piloto, serão feitas medições para que seja possível avaliar o quanto os jardins implantados impactaram na ocorrência de alagamentos nas vias da CPTM.

Pretende-se comparar dados das situações anteriores e posteriores à implantação do Projeto Piloto, considerando o índice pluviométrico da região e o histórico de alagamento. As medições serão efetuadas ao longo de um período de até 5 anos, para a comparação da frequência de alagamentos na região. Também será medido o tempo de alagamento, caso ocorra, área ocupada pela água e altura máxima, para que seja possível medir se houve redução na gravidade de cada ocorrência.

A comparação será baseada também em entrevistas com os funcionários da estação ou da linha escolhida, que estiveram presentes nas ocorrências anteriores, além da comparação com gravações e fotos feitas por eles.

Com essa análise, espera-se obter dados para aprimorar o dimensionamento dos sistemas de biorretenção, visando otimizar seus resultados e melhorar cada vez mais sua eficácia para as aplicações seguintes.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

6. CONCLUSÕES

A questão da drenagem urbana é influenciada por diversos fatores, pontuais ou permanentes, locais ou regionais, com escalas variadas, oriundos da formação da Região Metropolitana de São Paulo e, por isso, requer intervenções de grande porte e de alto custo para uma resolução, envolvendo órgãos diversos e intervenções numa área que vai muito além da área da ferrovia. Não existe a expectativa de uma total solução dos problemas de alagamentos nas vias apenas com o emprego das diretrizes propostas, uma vez que é necessário que exista um sistema não saturado para receber o volume de água filtrada pelo jardim plantado.

Contudo, espera-se que a implantação do sistema proposto minimize a gravidade das ocorrências que impactam na circulação dos trens, e que diminuam a sua frequência, nos eventos de chuvas intensas de menor gravidade, ao menos em situações em que não se atinja um volume de transbordamento do sistema.

Dada a urgência da necessidade de preparo da infraestrutura urbana para as mudanças climáticas, é dever de todos o comprometimento com a priorização do meio ambiente em cada uma das nossas atribuições, propondo soluções eficazes e viáveis. A proposta de utilização do espaço ocioso para implantação de um sistema de drenagem em área verde otimiza os recursos existentes para trazer benefícios que se estendem para muito



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

além da ferrovia, beneficiando não apenas funcionários e passageiros, mas todos que vivem na região e, sobretudo, o ecossistema.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARANYI, L. Menos estresse e mais memória; 7 benefícios do contato com a natureza. UOL, São Paulo, 15 setembro 2018. VivaBem. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2018/09/15/beneficios-do-contato-com-a-natureza-veja-como-inclui-los-no-dia-a-dia.htm>. Acesso em 23 julho 2024.

BLAIR, J.; ROLDAN, C.; GHOSH, S.; YUNG, S.H. Greening rail infrastructure for carbon benefits. International High - Performance Built Environment Conference – A Sustainable Built Environment Conference 2016 Series (SBE16), iHBE 2016.

Como soluções baseadas na natureza podem preparar as cidades para a mudança do clima. WRI Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/como-solucoes-baseadas-na-natureza-podem-preparar-cidades-para-mudanca-do-clima>. Acesso em: 23 julho 2024.

CORMIER, Nathaniel S. e PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. Paisagem Ambiente., n. 25, p. 127-142, 2008.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

FRANCO, F. M. A construção do caminho: A estruturação da metrópole através da conformação técnica da Bacia de São Paulo. 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELO, T. A. T. Jardim de chuva: sistema de biorretenção como técnica compensatória no manejo de água pluviais urbanas. 2011. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MELO, T. dos A. T. DE; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. da S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 147-165, out./dez. 2014.

POMAR URBANO. iNaturalist, 2022. Disponível em: <https://www.inaturalist.org/projects/pomar-urbano>. Acesso em: 23 julho 2024.

SANCHES, Patrícia. De áreas degradadas a espaços vegetados: potencialidades de áreas vazias, abandonadas e subutilizadas como parte da infra-estrutura verde urbana. 2011. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011

SANTOS, E. R.; BONTEMPI, R. M.; FANTIN, M. Replanejar com a paisagem: uma abordagem multimétodo sobre a adoção de infraestrutura verde para bacias hidrográficas em urbanização. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 3, 2022.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

METRÔ. Relatório síntese - Pesquisa Origem-Destino. São Paulo, 2017.

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA. Grupo de Interação à Pesquisa em Soluções baseadas na Natureza (GIP-SbN), 2022. Disponível em: <https://sites.usp.br/gipsbn/solucoes-baseadas-na-natureza/> Acesso em 23 julho 2024.

VIDALE, G. Contato com a natureza traz benefícios para a saúde, comprova a ciência. **Revista Veja**, São Paulo, n. 2748, 28 de julho de 2021, Agenda Verde. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/agenda-verde/contato-com-a-natureza-traz-beneficios-para-a-saude-comprova-a-ciencia>. Acesso em 23 julho 2024.