



AEAMESP



# A INFLUÊNCIA DA CONECTIVIDADE NA CONFIGURAÇÃO DA REDE METROFERROVIÁRIA E NO DESENVOLVIMENTO DA CIDADE

Leonardo Cleber Lisboa dos Santos

Dionísio Matrigani Mercado Gutierrez



## 20ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

### PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

#### CATEGORIA 1

### A INFLUÊNCIA DA CONECTIVIDADE NA CONFIGURAÇÃO DA REDE METROFERROVIÁRIA E NO DESENVOLVIMENTO DA CIDADE

#### **1. Introdução**

Em uma rede de transporte coletivo estrutural de alta capacidade escassa e intensamente utilizada, como a da metrópole paulistana, que concentra grande volume de atividade em seu centro expandido, é necessário evitar que novas linhas a serem incorporadas a essa rede sejam planejadas de forma a reforçar o padrão de uso e ocupação do solo atual, que gera viagens pendulares em detrimento de uma distribuição mais homogênea pelo território, uma vez que nem a rede, já saturada, nem a cidade são beneficiadas com a manutenção desse padrão.

Este trabalho tem o objetivo de analisar a malha metroferroviária existente segundo o aspecto de conectividade de rede e propor uma complementação que considere sua melhora, buscando o crescimento que amplie a oferta, garanta uma distribuição de rede mais abrangente no território, facilite o desenvolvimento de centralidades que redistribuam as atividades na cidade e, conseqüentemente, melhorem a condição de carregamento nas linhas.



AEAMESP



## 2. Diagnóstico

De forma a permitir melhor entendimento de como a conectividade de uma rede de transporte estrutural pode influenciar na estruturação da cidade, faz-se necessário entender de que se trata conectividade e como sua influência, ao fortalecer nós de conexão, afeta as localidades em que se inserem na cidade.

A literatura conceitua conectividade de redes utilizando diversas fórmulas que variam da *teoria dos grafos*, originada nos estudos de Euler no século XVIII com o problema das pontes de Königsberg, estudada por diversos autores.

A conectividade é sempre uma relação entre a quantidade de *links* e nós, podendo os nós serem entendidos como estações ou estações de transferência – em uma simplificação – e os *links* o trecho percorrido entre elas. Para este estudo será utilizada, de forma a simplificar o raciocínio, sua relação mais simples:

$$C = L/N$$

Em que:

C = conectividade;

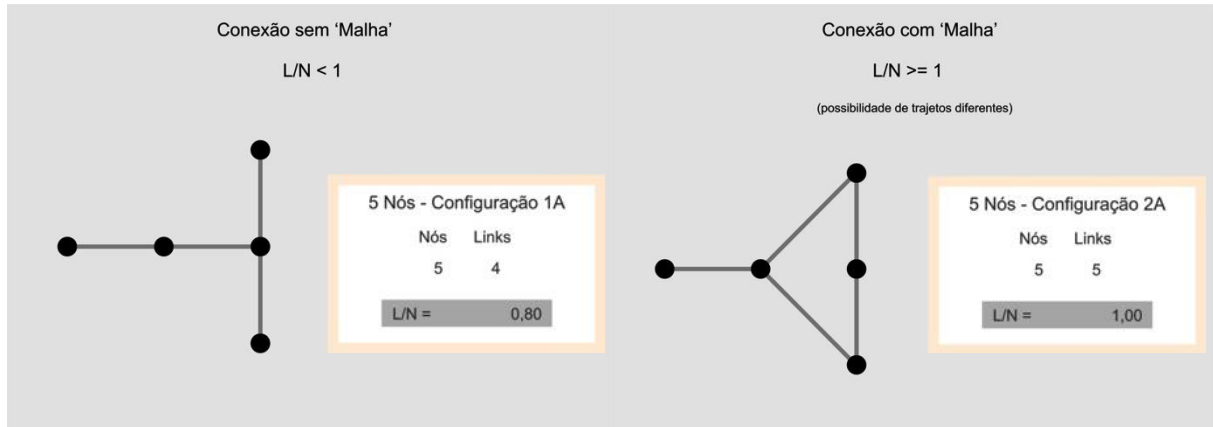
L = número de *links*;

N = número de nós.

Souza (2010) define conectividade como a existência ou não de ligação entre quaisquer locais sendo, na geografia dos transportes, um indicador fundamental da estruturação e valorização do espaço.

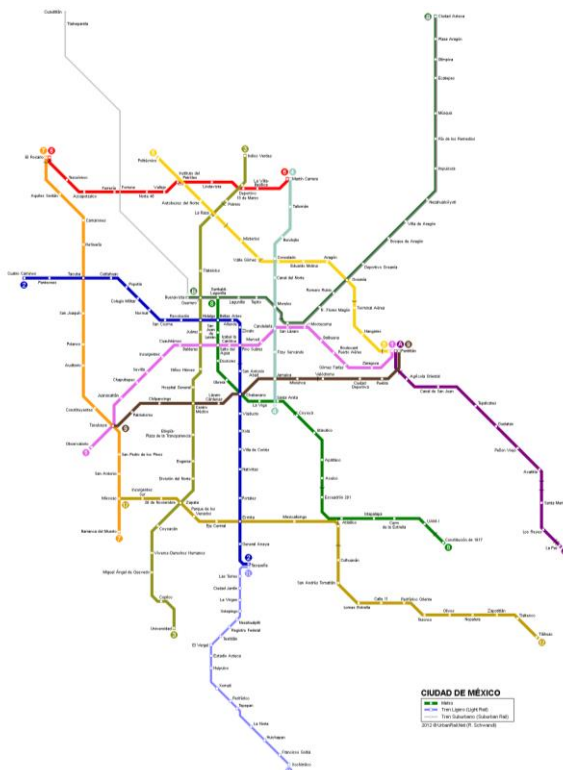
Cabe ressaltar uma característica importante desta fórmula. Ela atinge o valor 1 quando uma

malha é fechada, ou seja, quando é gerada mais de uma possibilidade de caminho entre dois determinados pontos, como pode ser visto na Figura 1.



**Figura 1 – Exemplo de rede sem malha e com malha**

As malhas podem adquirir diversos aspectos morfológicos, podendo ser reticuladas, a exemplo da rede de Nova York, Beijing e Cidade do México (Figura 2), radioconcêntricas, como as de Moscou (Figura 3), Chicago e Madri, ou ainda composições de arcos, como em Toronto, Lille, Roterdã e Paris (Figura 4).



**Figura 2 – Rede de metrô da Cidade do México - México. Fonte: UrbanRail.Net 2014**



Figura 3 – Rede de metrô de Moscou – Rússia. Fonte: UrbanRail.Net 2014

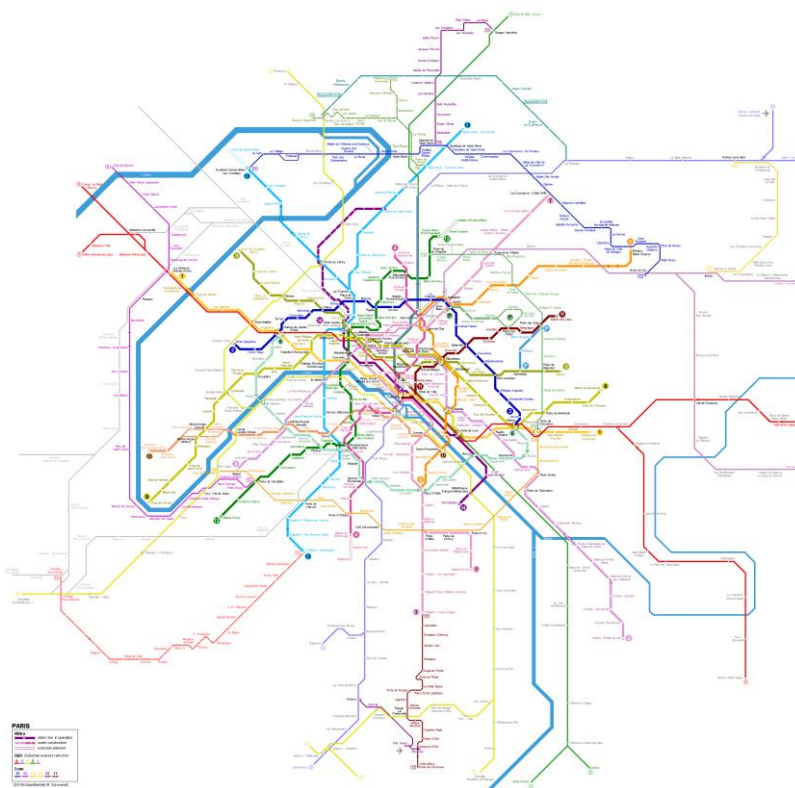
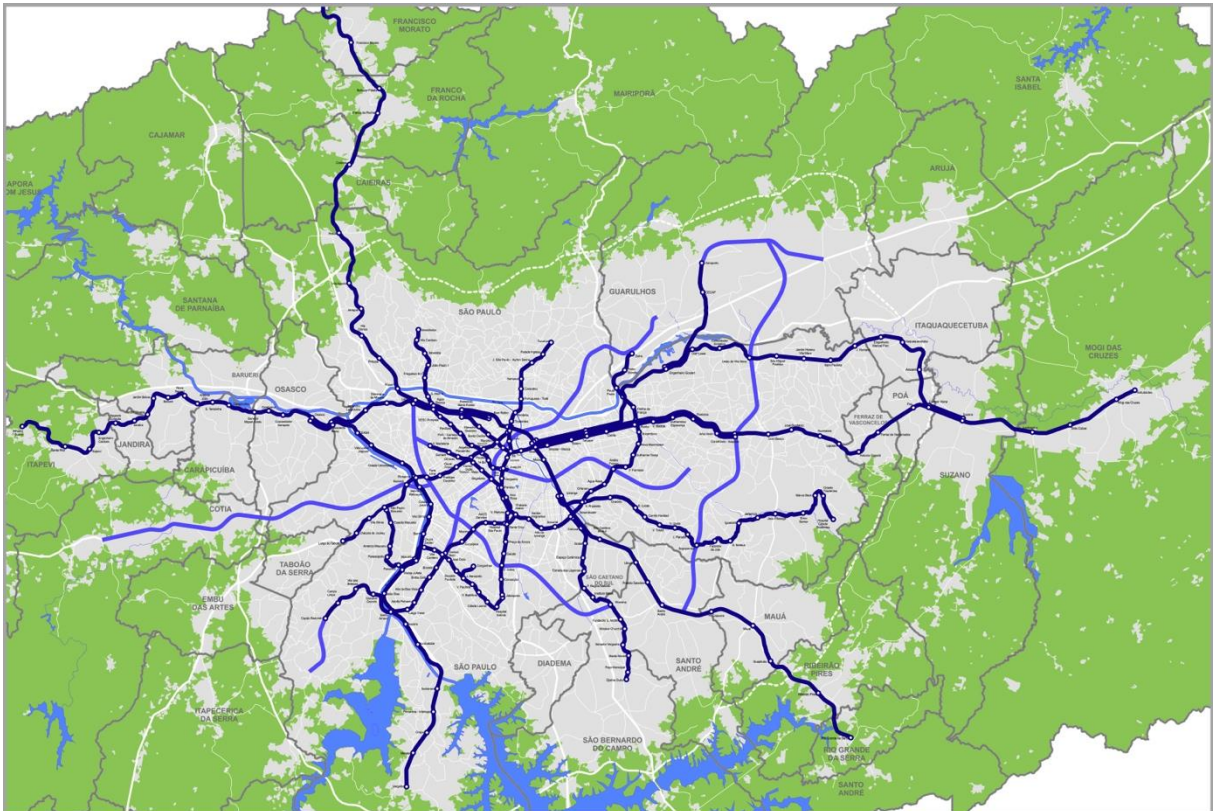


Figura 4 – Rede de metrô de Paris – França. Fonte: UrbanRail.Net 2014



Modificar a lógica de expansão da rede, portanto, seria um incentivo a uma ocupação mais homogênea do território, com o planejamento da redistribuição de população e atividades, contrapondo-se à tendência histórica, uma vez que mesmo a malha planejada, ainda se aproxima da configuração radioconcêntrica (Figura 6).



**Figura 6 – Malha metroferroviária paulistana planejada. Fonte: Metrô 2014**

Além disso, busca-se uma configuração de rede que tenha como característica a criação de inúmeros pontos de conexão distribuídos no território metropolitano, diminuindo sobre a região central o peso das conexões do sistema de transporte coletivo, tornando locais mais distantes não só acessíveis como também entroncamentos importantes para a cidade, com infraestrutura e concentração de pessoas, fomentando novos locais a desenvolver, conhecidos como centralidades.

Centralidades, conceito bastante difundido na literatura do urbanismo, são locais onde se concentram atividades econômicas e de atendimento às necessidades e interesses da



AEAMESP



população, geralmente dotados de grande acessibilidade. Essa concentração garante empregos e serviços, atraindo diariamente inúmeras viagens para esses locais. A formação de novas centralidades necessariamente passa pela melhora da acessibilidade dos territórios. Segundo Grostein et al (2004), “(...) o transporte coletivo em sítio próprio é o meio mais eficiente de organizar a metrópole e a sua apropriação dentro de padrões democráticos de convívio e consumo.”

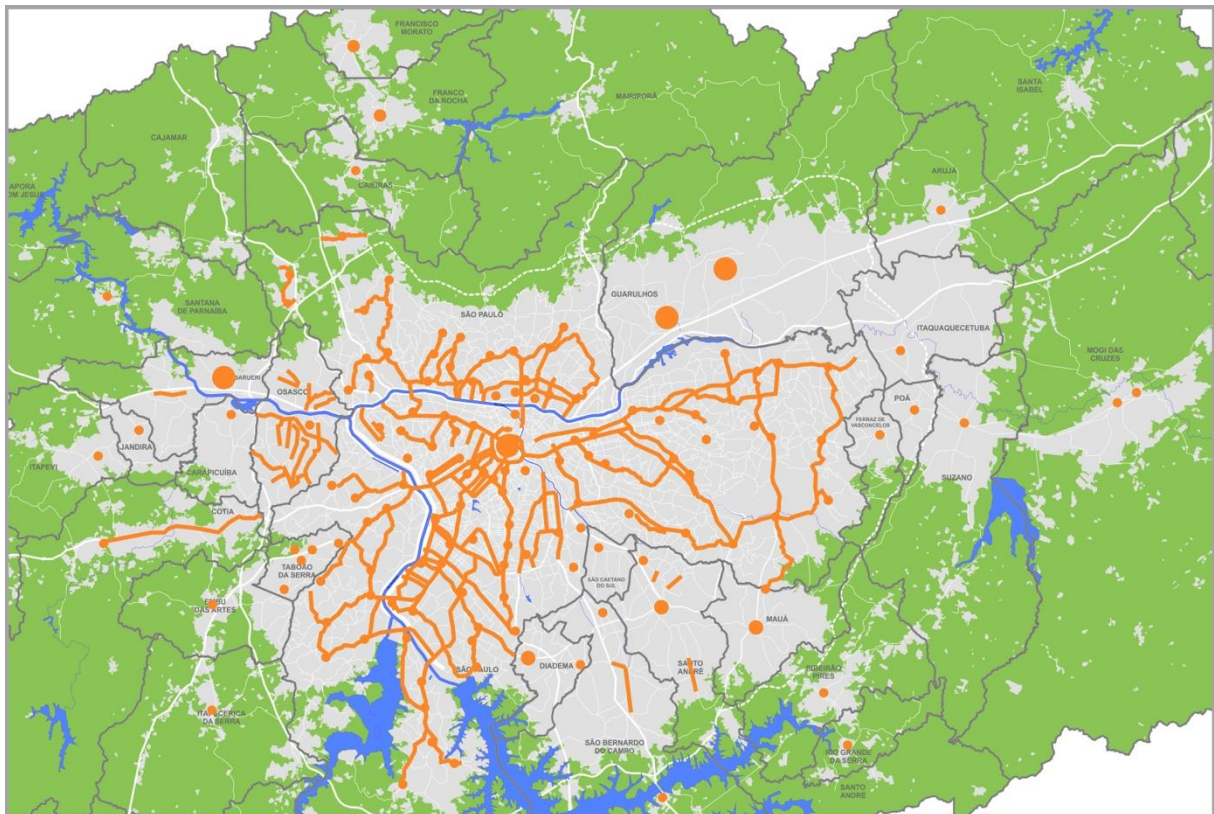
No Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (PDE) de 2002, foram identificadas diversas centralidades existentes, bem como centralidades potenciais que, atendidas por infraestrutura, poderiam se desenvolver. Em contraposição, o PDE de 2014 considera como centralidades potenciais somente aquelas já atendidas pela malha projetada em médio prazo, o que mostra a importância dos meios de transporte no fortalecimento de uma centralidade.

Para efeitos de estudo, uma vez que nos interessa a lógica de malha atualmente planejada, foram consideradas as centralidades potenciais do PDE de 2002, bem como centralidades de outros municípios da metrópole paulistana.

Para os municípios vizinhos foram consultados mapas de zoneamento e de centralidades, quando existiam, localizando minimamente os centros comerciais e administrativos das cidades que não possuíam maiores informações.

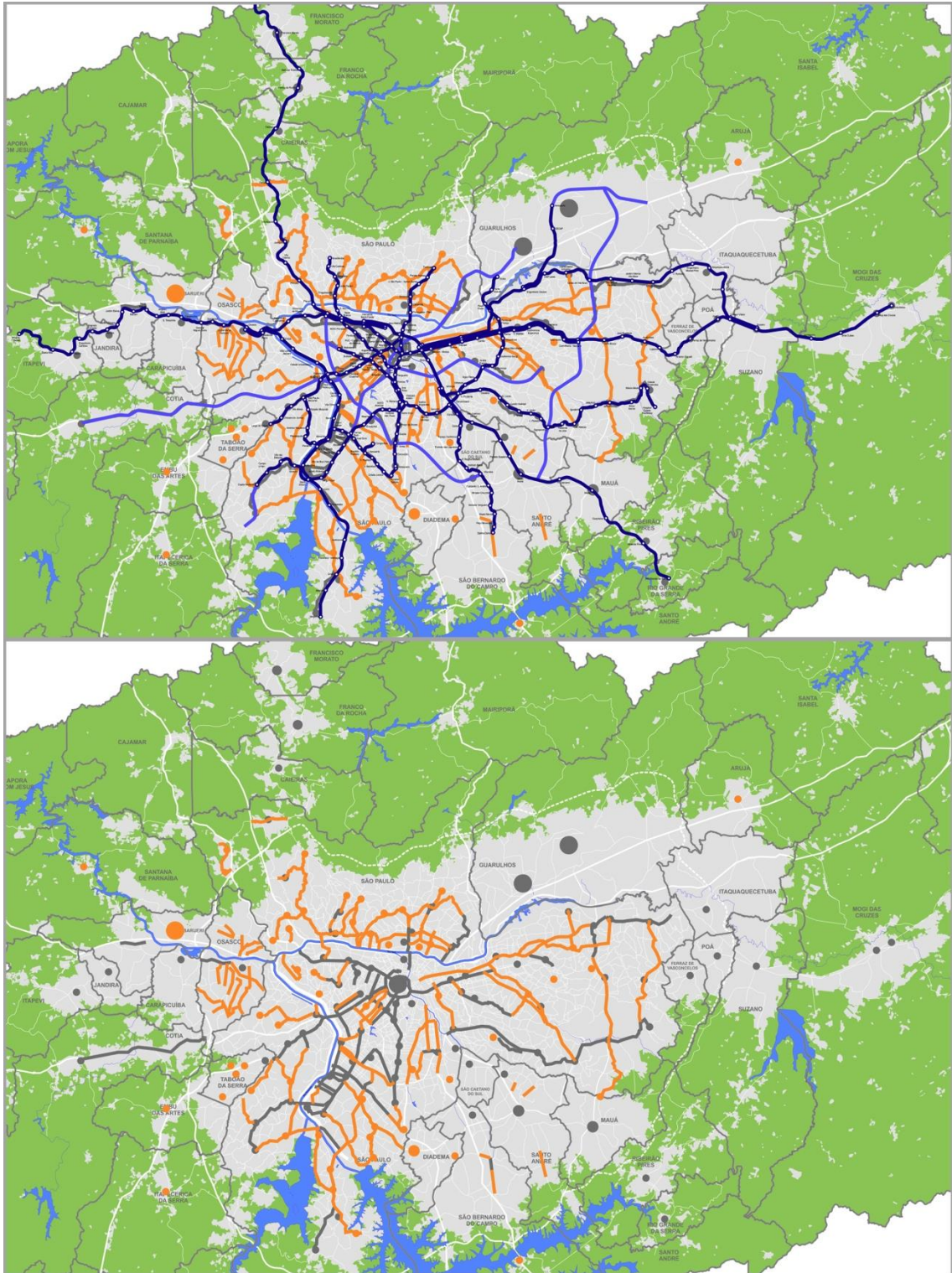
Reunindo as centralidades obtidas, chegou-se ao conjunto disposto na Figura 7.





**Figura 7 – Centralidades e centralidades potenciais**

Uma vez estabelecidas as centralidades foi possível identificar aquelas que já estão atendidas pela malha planejada, bem como aquelas que poderiam se beneficiar deste aumento de acessibilidade (Figura 8).



**Figura 8 – Centralidades atendidas pela rede planejada (em cinza)**

Para definir o conceito de malha desejada para a metrópole paulistana, confeccionou-se uma metrópole teórica com uma área urbanizada equivalente à da metrópole (2.025km<sup>2</sup>), contendo uma área central também equivalente (144km<sup>2</sup>), sobre a qual idealizou-se projetar

redes que propiciariam um cobertura da mancha urbana, estimada em aproximadamente 350km de extensão (Figura 9).



**Figura 9 – Área teórica utilizada para comparação de configurações de rede**

O valor de 350km foi obtido como uma aproximação da malha atual de 335km. No entanto, no andamento dos trabalhos percebeu-se que a rede atual possui um total de 30km de sobreatendimento distribuído em diversos pontos, além de possuir um trecho de 21km fora da RMSP (Francisco Morato-Jundiaí), o que reduz sua capacidade de atendimento para o equivalente a 284km.

Cabe ressaltar que a mancha urbana metropolitana, com sua extensão, forma irregular, barreiras e vazios urbanos, resultam, todavia, que uma rede de 350km de extensão não atenderia plenamente as necessidades da cidade, assim sendo, este valor foi utilizado apenas para permitir uma comparação entre as configurações de rede desenhadas.

Uma vez estabelecida uma base comum foi possível desenhar diversas configurações morfológicas de malha, estabelecer uma comparação numérica entre suas conectividades.

As malhas reticuladas (Figura 10) apresentam maior homogeneidade de pesos dos nós, pois se distribuem uniformemente no território, sendo mais comumente implantadas em cidades planejadas associadas a avenidas também reticuladas. Com as barreiras urbanas e a configuração atual da malha, dificilmente se conseguiria encaminhá-la para estas configurações.

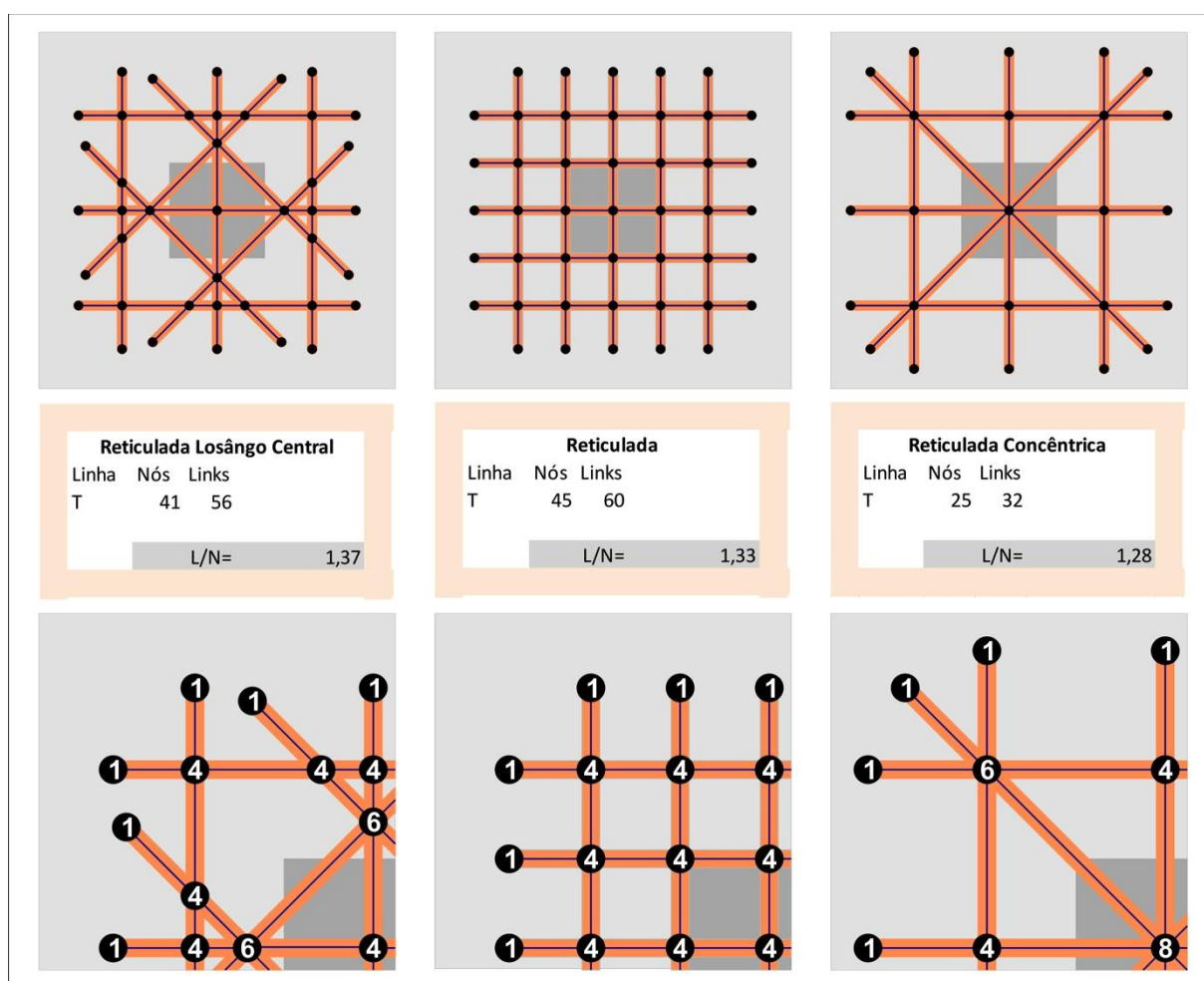


Figura 10 – Malhas reticuladas

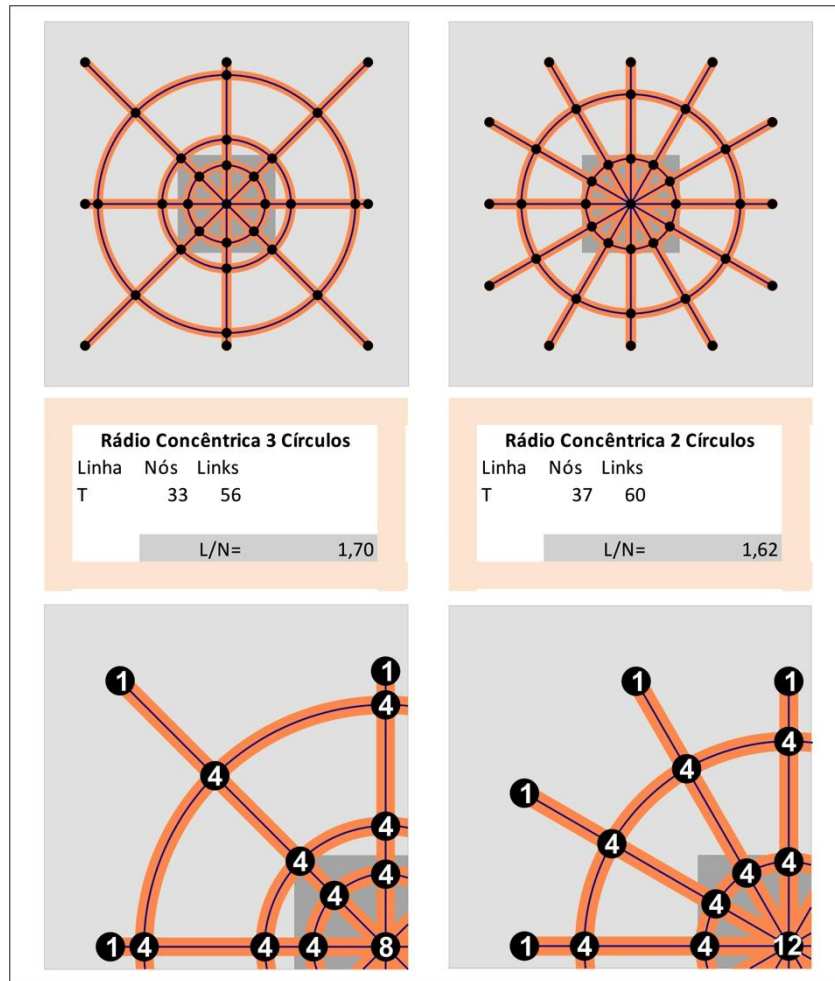


Figura 11 – Malhas radioconcêntricas

As malhas radioconcêntricas (Figura 11) apresentam nós com maior peso quanto mais próximo do centro, o que contradiz a ideia de descentralização proposta neste estudo. Assim sendo, apesar de ser uma configuração facilmente aplicável na metrópole paulistana, ela não favorece a criação de novas centralidades e, portanto, foi descartada.

As malhas com composição de arcos (Figura 12) possuem como características conectividades de médias a boas dentre as estudadas e seus nós de maior peso se distribuem mais uniformemente pelo território, diferentemente das radioconcêntricas, cujos pesos são maiores quanto mais nos aproximamos do centro.

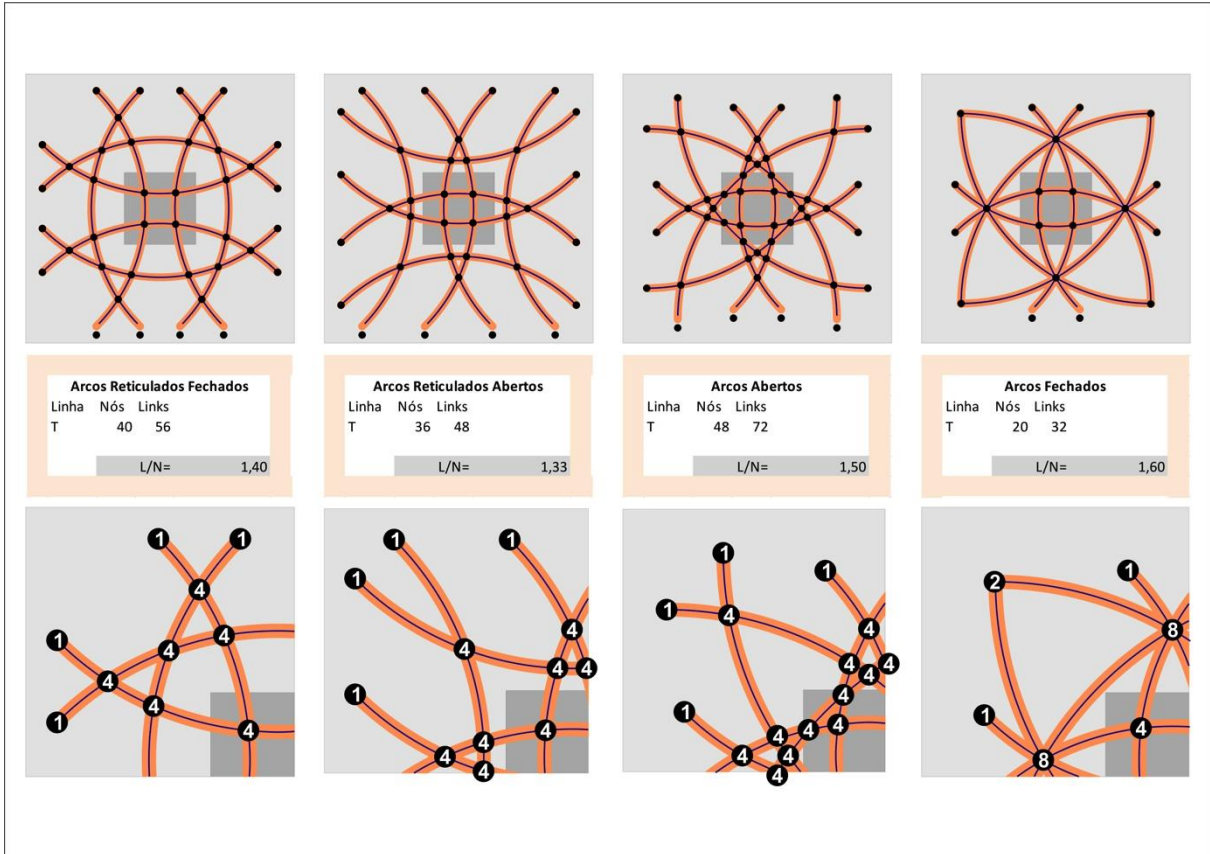


Figura 12 – Malhas com composições de arcos

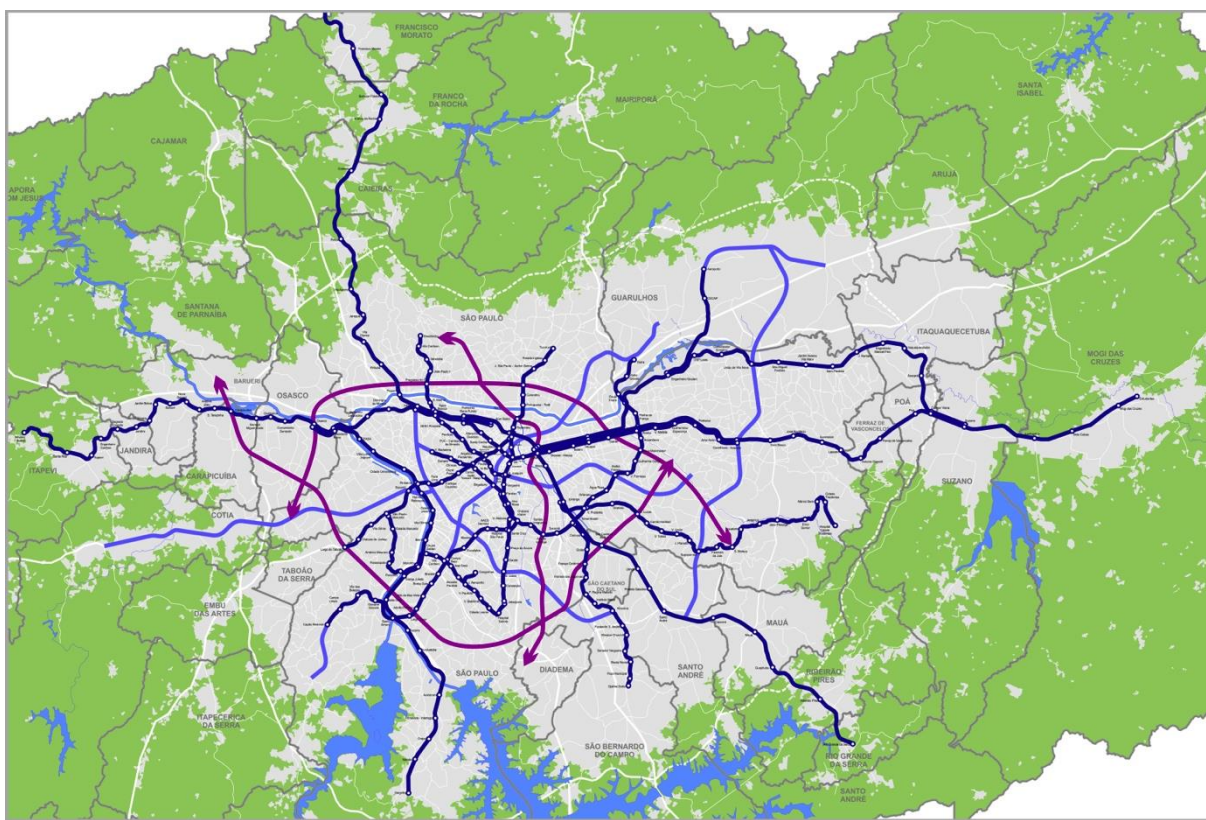
Foi possível concluir que a malha cuja configuração melhor propiciaria a mudança proposta na cidade – formação de novas centralidades dotadas de grande acessibilidade e facilidade de conexão com a rede de transporte, em áreas afastadas da região central de São Paulo – seria uma complementação utilizando linhas em formato de arcos pois, além de possuírem algumas das maiores conectividades dentre as malhas estudadas, estas complementações por arcos possuem a característica de criar inúmeros pontos de conexão em regiões periféricas, potencializando neles a formação de centralidades fora do Centro Expandido.

### 3. Análise dos Resultados

Assim, buscou-se atender um maior número de centralidades com uma malha adicional à existente, que melhore a conectividade da rede planejada. Esta nova malha, portanto, consiste na proposição de arcos que conectem centralidades em desenvolvimento, que

possam absorver para si parte do crescimento da cidade e torna-la multipolar.

Propõe-se a complementação mínima da rede através de três arcos: Norte, partindo de Osasco, passando por bairros da Zona Norte de São Paulo e atingindo a Zona Leste; Sul, integrando bairros do Sudoeste, Sul e Sudeste paulistano; e Leste, ligando a Zona Norte à Zona Sul e Diadema por um caminho que desvie do centro atravessando a Zona Leste (Figura 13).

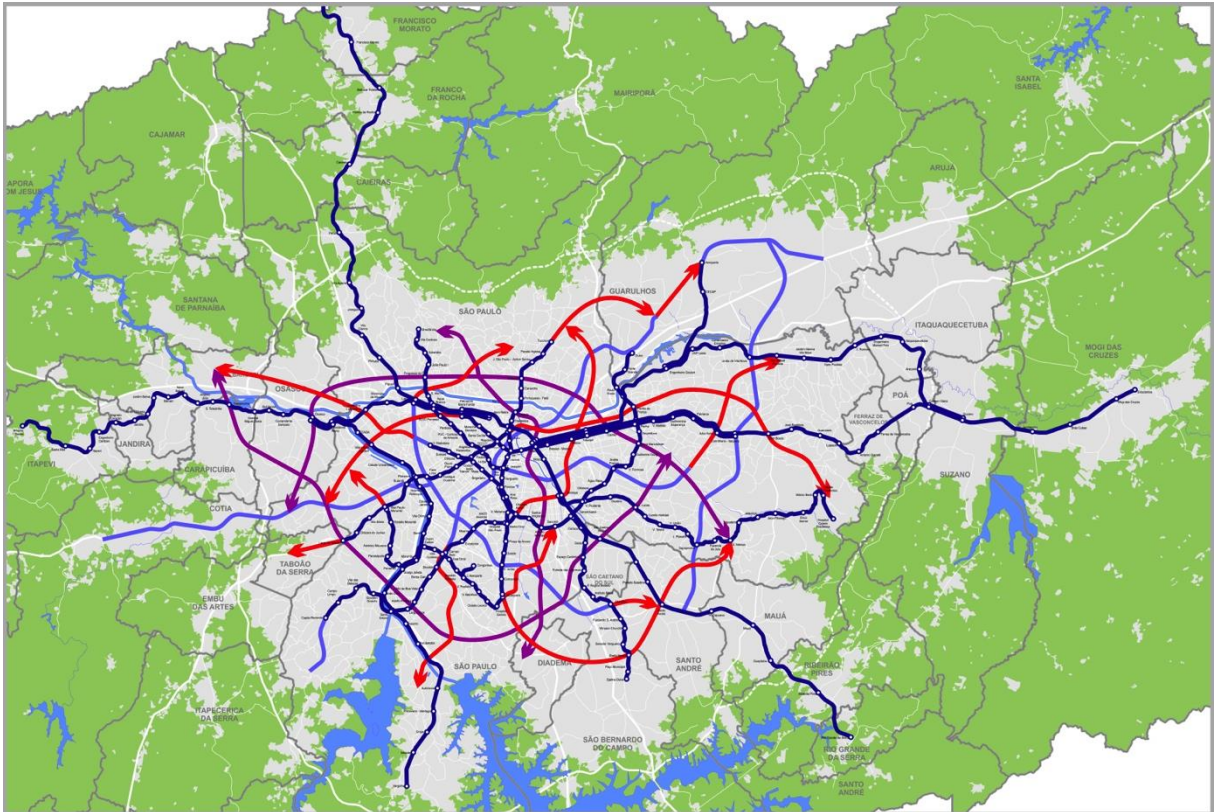


**Figura 13 – Rede metroferroviária paulistana com linhas propostas (em violeta)**

Além das novas linhas, é proposta também a extensão de linhas existentes, em implantação ou projetadas (Figura 14).

Sabe-se que as metrópoles chinesas possuem linhas muito mais longas que as nossas e com um carregamento muito similar, portanto essas extensões precisariam ser analisadas como naturais, uma vez que existem locais de interesse para a cidade que poderiam ser atendidos

com um simples prolongamento. Da mesma forma, algumas dessas extensões poderiam ser entendidas como novas linhas, pois estamos em uma lógica de rede, em que um ponto de conexão permite integração a diversos outros *links*, não necessariamente de forma direta.



**Figura 14 – Rede metroferroviária paulistana proposta (extensões em vermelho)**

Estes prolongamentos, bem como as linhas propostas, ainda precisariam passar por um estudo de prioridades, que não é escopo deste trabalho, mantendo o foco nos aspectos que beneficiariam a cidade e a rede.

Uma vez confeccionada a proposta, esta foi analisada segundo os dois conceitos que nortearam o estudo – atendimento às centralidades e aumento da conectividade da rede.

Estas propostas levariam a um atendimento de centralidades mais abrangente, benéfico à cidade e aos usuários, propiciando uma melhor distribuição das atividades no território e, por conseguinte, das viagens (Figura 15).



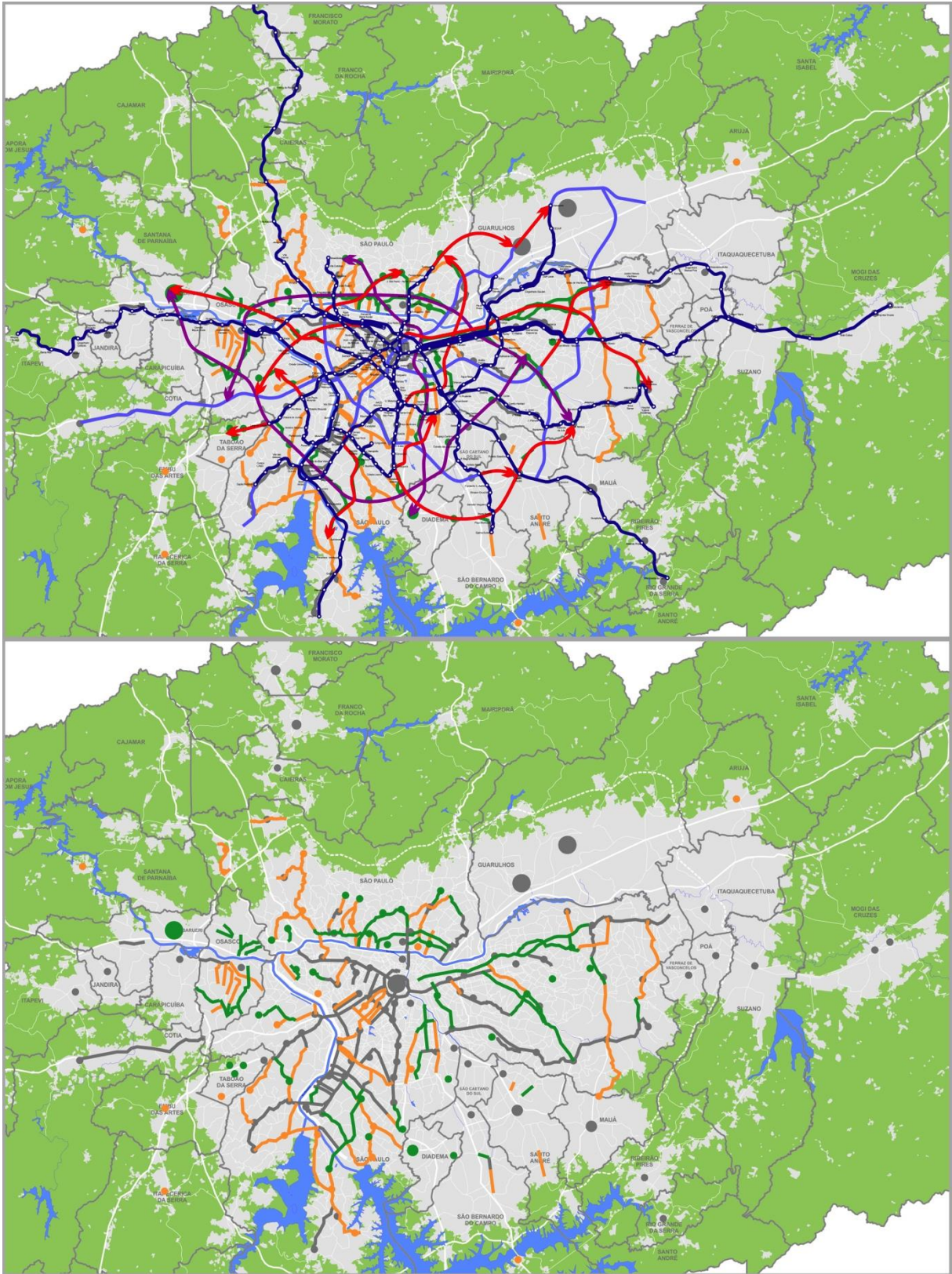


Figura 15 – Centralidades atendidas pela rede proposta (em verde)

No aspecto da conectividade pode-se notar um aumento relevante da quantidade de conexões distantes do centro que, estando em potenciais centralidades, ajudariam a melhorar a distribuição de atividades pela cidade.

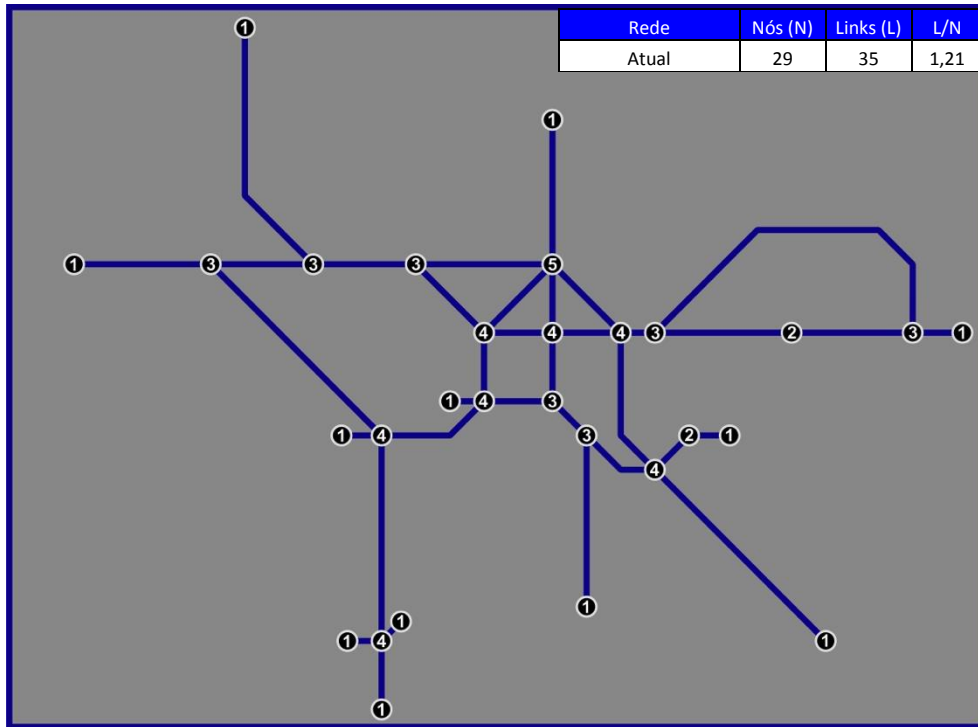


Figura 16 – Conectividade da rede metroferroviária atual

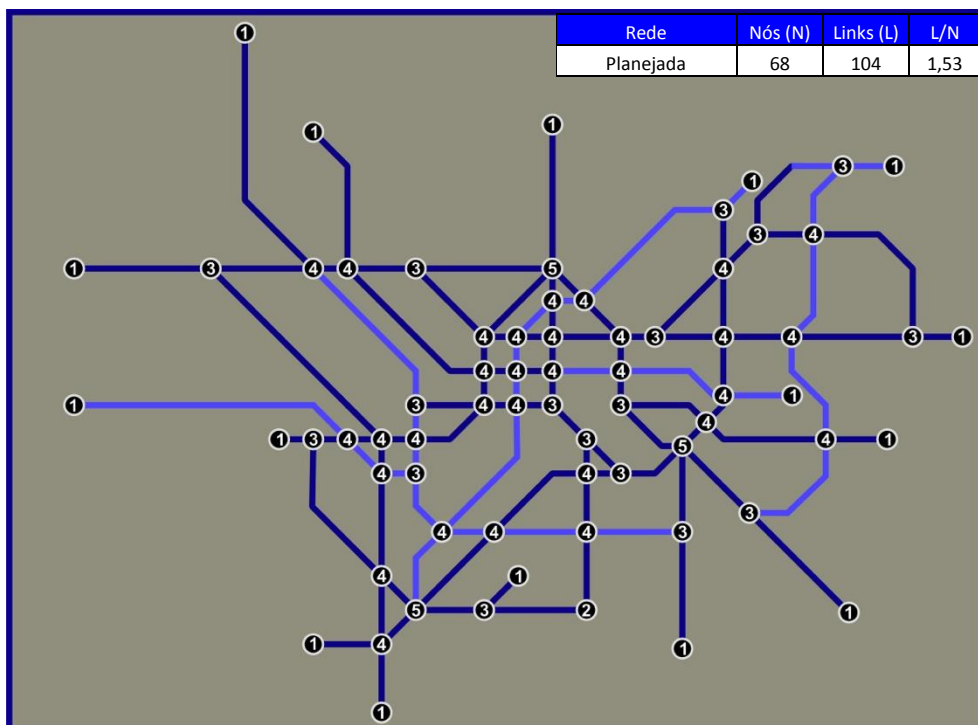


Figura 17 – Conectividade da rede metroferroviária planejada

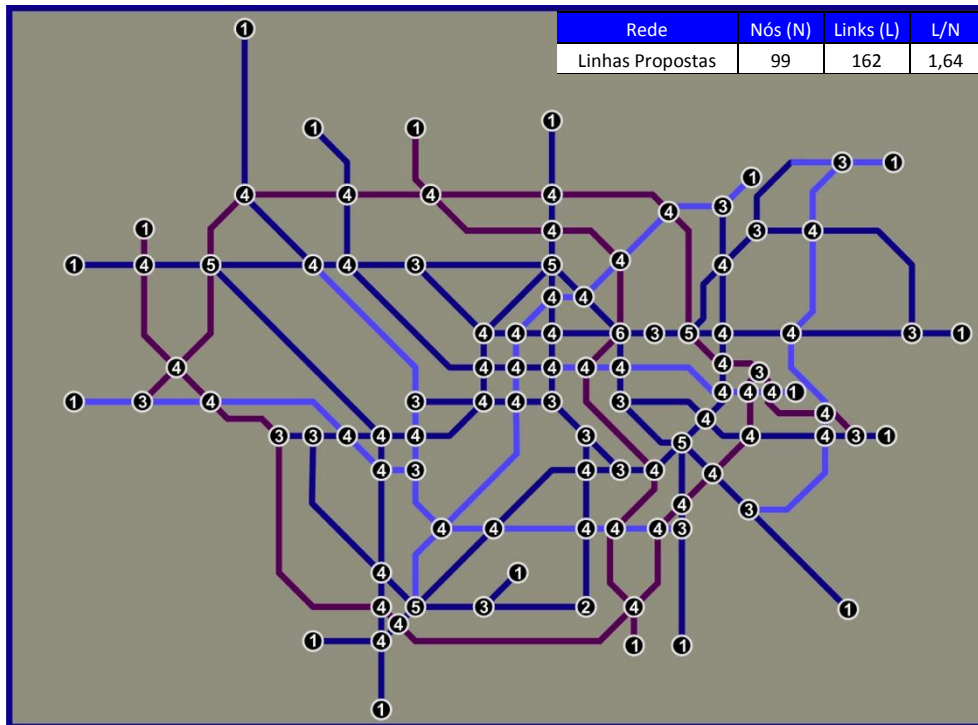


Figura 18 – Conectividade da rede metroferroviária com linhas propostas

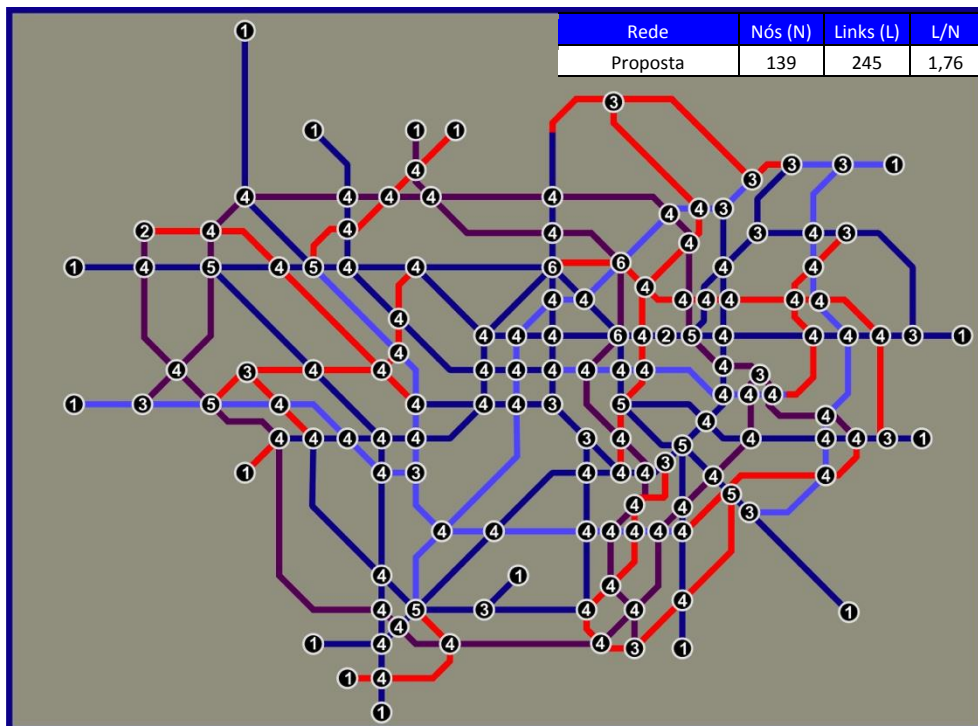


Figura 19 – Conectividade da rede metroferroviária proposta

Em relação a este aspecto é possível notar a sensível melhora da conectividade, bem como o espalhamento de nós com maior peso pelo território, o que fortalece e capacita a formação de novas centralidades ou a consolidação daquelas que estiverem distantes do Centro

Expandido.

#### 4. Conclusões

A análise dos diferentes tipos de configuração de rede de transporte nos permitiu concluir que, para a Região Metropolitana de São Paulo, a complementação da rede sobre trilhos planejada que atenderia melhor ao propósito de desenvolvimento de centralidades em regiões afastadas do Centro Expandido, propiciando maior equilíbrio na relação entre moradia e locais de realização de atividades, com sua redistribuição, seria a configuração de linhas em arcos. No exercício aqui realizado, foram propostos três arcos, além de possíveis complementações das linhas existentes, em implantação ou em projeto.

Estes três arcos criariam conexões com a malha já existente e entre eles, aumentando a conectividade da rede. Isto propiciaria tanto uma redistribuição do carregamento nas linhas, como o fortalecimento de uma cidade multipolar, com melhor distribuição de atividades e população, nos pontos de conexão escolhidos em consonância com as centralidades potenciais.

*A heterogeneidade do espaço construído metropolitano obriga a mobilidade a rever seus princípios, isso é, a perceber que não se trata apenas de alcançar pontos distantes, mas sobretudo, de alcançar lugares específicos, centrais ou periféricos disseminados no território metropolitano. Uma eficiente rede de transporte público, capaz de assumir a nova lógica de distribuição da população metropolitana, deve ter como princípio que a mobilidade une lugares e não apenas pontos longínquos.”*  
*(Grostein et al., p. 29, 2004)*



AEAMESP



## 5. Referências Bibliográficas

GROSTEIN, Marta Dora, MEYER, Regina Maria Prosperi, BIDERMAN, Ciro. São Paulo Metrô. São Paulo: Edusp/Imprensa Oficial, 2004.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Planejamento. Lei número 13.430, de 13/09/2002 - Plano Diretor Estratégico. São Paulo, 2002.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Projeto de Lei número 688/13, de 30/06/2014, substitutivo da Lei número 13.430 - Plano Diretor Estratégico. São Paulo, 2014.

SOUZA, Paulo Alexandre Morgado, Efeito Estruturante das Redes de Transporte no Território, Tese de Doutorado em Geografia Humana, Universidade de Lisboa, 2010.

[www.urbanrail.net](http://www.urbanrail.net)