

A ÁREA CONURBADA DE CURITIBA E SUAS CARACTERÍSTICAS SINTÁTICAS:

Centro Topológico, Centralidades e Eixos de mobilidade

The Conurbated Area of Curitiba and its Syntactic Characteristics:

Topological Center, Centralities and Mobility Axes

El Área Conurbada de Curitiba y sus Características Sintácticas:

Centro Topológico, Centralidades y Ejes de Movilidad

Anabelli Simões Peichó, Programa de Pós Graduação em Planejamento Urbano da Universidade Federal do Paraná, anabelli@ufpr.br

RESUMO

A Teoria da Sintaxe Espacial (TSE) tem por objetivo relacionar o ambiente construído com a movimentação de pessoas. Sua premissa principal, defendida como a Teoria do Movimento Natural (TMN), é de que a configuração do espaço influencia diretamente não apenas na movimentação de pessoas, mas também na localização de atratores (comércio, serviços, oferta de empregos) e vice-versa. Embora amplamente difundida em meios acadêmicos e profissionais, ainda ocorrem muitos problemas no processamento e na leitura de análises, decorrentes de deslizamentos na construção da base de dados de entrada, os chamados “mapas axiais”. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é fornecer um tutorial de apoio para outras pesquisas, apresentando um passo-a-passo desde o desenho correto das linhas axiais ao processamento de análises. O recorte utilizado foi a Área Conurbada de Curitiba e foram realizadas as análises de Integração e Escolha, as mais recorrentes da teoria em relação ao planejamento urbano. Além disso, foram feitos alguns comparativos com dados do Censo IBGE 2010, como de densidade e renda. Os resultados corroboram com as premissas da TMN: onde há maior concentração de pessoas há também melhores propriedades configuracionais. Entretanto a relação dessas concentrações em relação ao sistema como um todo indica que a Área Conurbada de Curitiba possui propriedades de segregação e que não há acessibilidade urbana para todas as camadas sociais.

Palavras-chave: Sintaxe Espacial, Movimento Natural, acessibilidade urbana, compactidade e espraiamento.

Linha de Investigação:

B2_Os Desafios da Cidade e do Território no Século XXI: B2.4_Bloco transversal – Novas Tecnologias na Análise e Projeto do Território e da Cidade.

ABSTRACT

The Theory of Space Syntax (SST) aims to relate the built environment to the movement of people. Its main premise, defended as the Theory of Natural Movement (NM), is that the configuration of space directly influences not only the movement of people, but also the location of attractors (commerce, services, job offers) and vice versa. Although widely disseminated in academic and professional circles, there are still many problems in the processing and reading of analyses, resulting from issues in the construction of the input database, the so-called “axial maps”. Thus, the objective of this work is to provide a tutorial to support other researches, presenting a step-by-step guide from the correct design of axial lines to analysis processing. The selected area of study used was the Conurbated Area of Curitiba and the Integration and Choice analyzes were made, the most recurrent in the theory in relation to urban planning. In addition, some comparisons were made with data from the 2010 IBGE Census, such as density and income. The results corroborate the assumptions of NM: where there is a greater concentration of people, there are also better configurational properties. However, the relationship of these concentrations in relation to the system as a whole indicates that the Conurbated Area of Curitiba has segregation properties and that there is no urban accessibility for all social strata.

Keywords: Space Syntax, Natural Movement, urban accessibility, compactness, urban sprawl.

Linha de Investigação:

B2_The Challenges of the City and the Territory in the XXI Century – B2.4_Cross Block: New Technologies in the Analysis and Design of the Territory and the City.

RESUMEN

La teoría de la sintaxis espacial (SST) tiene como objetivo relacionar el entorno construido con el movimiento de personas. Su premisa principal, defendida como Teoría del Movimiento Natural (TMN), es que la configuración del espacio influye directamente no solo en el movimiento de las personas, sino también en la ubicación de los atractores (comercio, servicios, ofertas de trabajo) y viceversa. Aunque ampliamente difundido en los círculos académicos y profesionales, aún existen muchos problemas en el procesamiento y lectura de los análisis, derivados de deslices en la construcción de la base de datos de entrada, los llamados “mapas axiales”. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es proporcionar un tutorial para apoyar otras investigaciones, presentando una guía paso a paso desde el diseño correcto de líneas axiales hasta el procesamiento de análisis. El espacio de estudio utilizado fue el Área Conurbada de Curitiba y se realizaron los análisis de Integración y Elección, los más recurrentes en la teoría en relación a la planificación urbana. Además, se realizaron algunas comparaciones con datos del Censo IBGE 2010, como densidad e ingresos. Los resultados corroboran las premisas de TMN: donde hay mayor concentración de personas, también hay mejores propiedades configuracionales. Sin embargo, la relación de estas concentraciones en relación al sistema como un todo indica que el Área Conurbada de Curitiba tiene propiedades de segregación y que no hay accesibilidad urbana para todos los estratos sociales.

Palavras chave: Sintaxis Espacial, Movimiento Natural, accesibilidad urbana, compacidad y expansión.

Linha de Investigação:

B2_Los Retos de la Ciudad y el Territorio en el Siglo XXI – B2.4_Bloque transversal: Nuevas Tecnologías en el Análisis y Proyecto del Territorio y la Ciudad.

1. Introdução

A Teoria da Sintaxe Espacial (TSE) ou *Space Syntax Theory*, foi desenvolvida em meados dos anos 1970, por Bill Hillier e seus colaboradores na Universidade de Londres (UCL). Seu objetivo é relacionar o ambiente construído com a movimentação de pessoas, ou seja, entender a contribuição do aspecto configuracional do espaço no processo de decisão dos percursos realizados pelas pessoas (Hillier & Hanson, 1984).

Essa relação é fundamentada na Teoria do Movimento Natural (TMN). Hillier et al. (1993) afirmam que o movimento de pessoas (M) e a localização de atratores (A) (comércio, serviços, equipamentos urbanos, oferta de empregos) são resultados da configuração (C) do espaço e mesmo que a configuração (C) tenha influência no movimento (M) e nos atratores (A) (que podem também apresentar grandes relações entre si), o contrário dificilmente ocorre (Fig. 1).

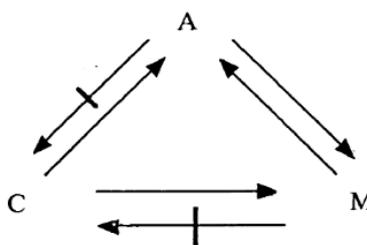


Fig. 1: Esquema ilustrativo da Teoria do Movimento Natural (TMN). Fonte: Hillier et al. (1993)

A TSE analisa a configuração do espaço através do sistema viário. Através dos avanços tecnológicos e do conhecimento da teoria houve grandes mudanças desde a época em que eram realizados cálculos e mapas manuais até o que há de disponível hoje com o próprio software gratuito da teoria, DepthmapX; e o plugin Space Syntax para uso da ferramenta também gratuita de geoprocessamento QGIS. Embora muito se tenha avançado no que tange aos cálculos das análises e suas representações gráficas, a parte mais importante (e muitas vezes negligenciada) é a construção da base de dados de entrada nos softwares, os chamados “mapas axiais” que ainda devem ser feitos manualmente para se obter melhores resultados (van Nes & Yamu, 2021).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi trazer de forma detalhada um passo-a-passo de como deve ser construído um mapa axial de um sistema, utilizando os recursos mais contemporâneos disponíveis, para servir de apoio à outros estudos. Tendo como premissa que, com uma base de entrada melhor construída, impreterivelmente os resultados e posteriores discussões em relação à eles também serão de melhor

qualidade. Além disso, foi demonstrado como utilizar o mapa axial seguindo as recomendações mais recentes da teoria, que consiste na sua transformação em um mapa de segmentos.

O recorte utilizado foi a área conurbada de Curitiba, também denominado como Núcleo Urbano Central de Curitiba (NUC), como pode ser observado no Mapa 1, trata-se de um recorte da Região Metropolitana de Curitiba. No mapa à direita foram destacadas as Áreas de Preservação Ambiental (APAs) e Unidades Territoriais de Planejamento (UTPs), por representarem restrições de ocupação.

Além do tutorial, também foram realizadas as análises padrões principais (Integração e Escolha), assim como a aplicação de medidas de normalização (NAIN e NACH) para comparação entre sistemas. Também foram feitas relações com outras bases de dados (Censo IBGE 2010) para um entendimento básico dos resultados das análises (centro topológico, centralidades e eixos de mobilidade) e suas aproximações com a Teoria do Movimento Natural e conceitos de compacidade, espraiamento urbano e acessibilidade urbana.

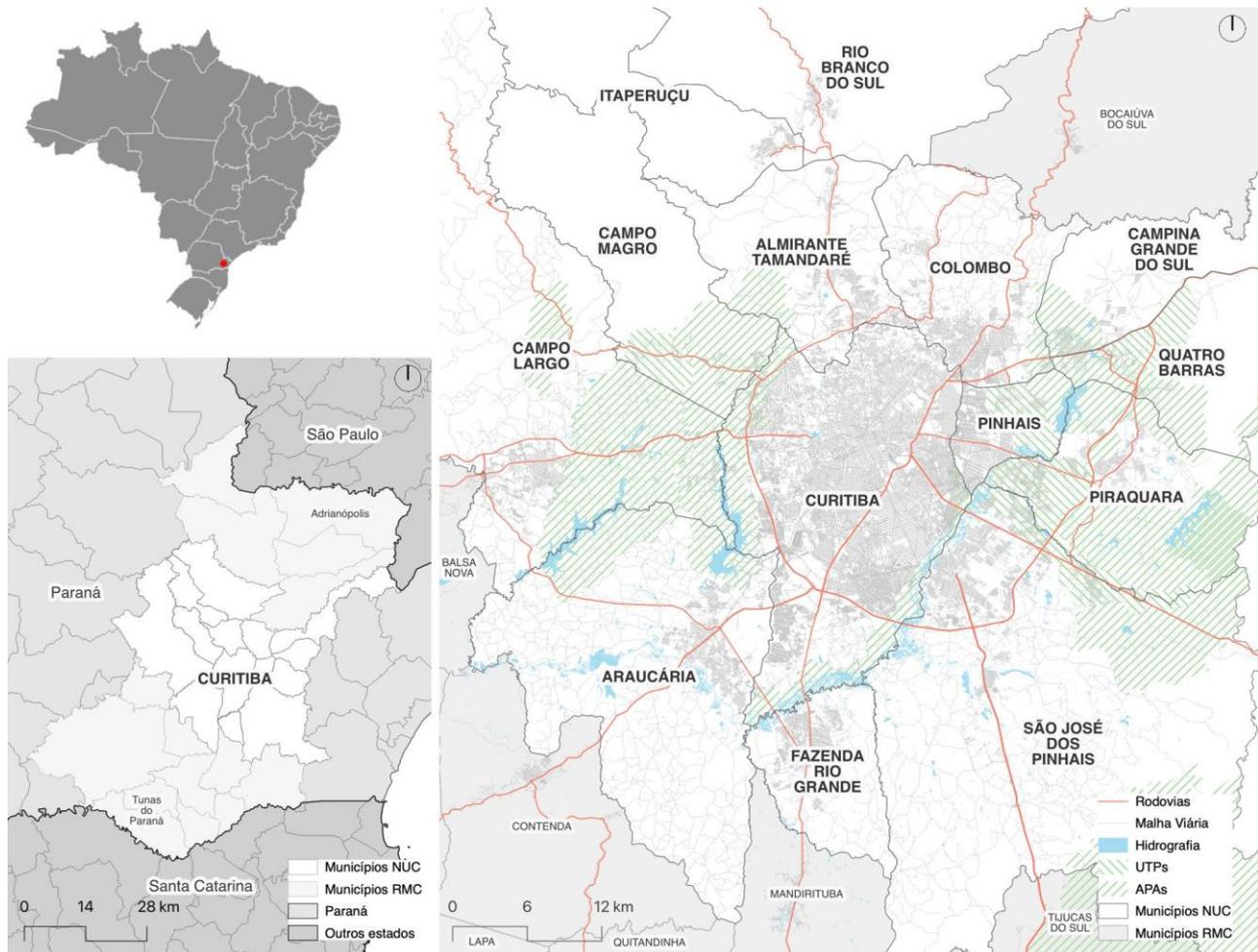
2. Marco Teórico

3.1 Conurbação

A conurbação é um fenômeno onde ocorre uma fusão entre aglomerados urbanos, tornando-se apenas um. Esse tipo de recorte tem mais sentido a ser estudado do que o metropolitano, que muitas vezes inclui municípios que não atendem à mesma dinâmica (Villaça, 2012), como ocorre com o recorte do NUC.

3.2 Compacidade urbana

A compacidade urbana remete ao aproveitamento do solo, ou seja, aumento da densidade para melhor aproveitamento de infraestrutura urbanas, como por exemplo: saneamento básico, distribuição de energia, coleta de resíduos e transporte público.



Mapa 1: Localização do Núcleo Urbano Central de Curitiba. Fonte: COMEC (2022), PARANACIDADE (2022), ÁGUAS PARANÁ (2018), elaboração: Autora (2022).

Entretanto, alguns possíveis problemas podem ocorrer, como por exemplo: segregação social decorrente de altos custos de moradia devido à concorrência pelo solo, diminuição de áreas verdes nos centros urbanos e possível aumento de poluição devido à concentração de gases poluentes (Maia & Netto, 2016).

3.3 Espriamento urbano

Como oposto à compacidade, a forma urbana espriada (que surge a partir termo *urban sprawl*), sugere o consumo excessivo de solo, aumentando os custo de infraestrutura urbana e a ineficiência do seu fornecimento. Além disso, há alto consumo de tempo e energia, devido ao estímulo do uso do transporte individual, acarretando também em segregação social e perda do sentido de comunidade (Maia & Netto, 2016). Essa forma urbana também é alvo de críticas quando se aborda as questões de resiliência urbana em relação às mudanças climáticas e sustentabilidade (Stone et al., 2010).

3.4 Acessibilidade urbana

De modo geral, a acessibilidade é a facilidade da população, incluindo as diferentes classes sociais e etnias, de chegar à um serviço (saúde, educação, lazer), oportunidades de trabalho ou outras facilidades inerentes à aglomerações urbanas. As políticas voltadas a acessibilidade urbana trabalham com a redução de desigualdades e também com a sustentabilidade urbana, sendo duas intervenções possíveis: o sistema de transporte e a localização dos equipamentos. A noção de acessibilidade é diferente, mas complementar à mobilidade urbana, ela é mais relacionada a organização espacial das cidades (as atividades e oportunidades que podem ser acessadas pelas pessoas) e seus sistemas de transporte (Pereira et al., 2020).

3. Métodos e procedimentos

O enquadramento da pesquisa é a pesquisa aplicada, de objetivo exploratório, com abordagem qualitativa. O método de pesquisa utilizado é o estruturalista e os procedimentos técnicos principais foram de levantamento (Marconi & Lakatos, 2003).

Os procedimentos serão descritos conforme as seguintes etapas:

- (a) Coleta de dados;
- (b) Processamento dos dados;
- (c) Análise dos dados e comparativos.

4.1 Coleta de dados

4.1.1. Produção do mapa axial e de segmentos

Para esta pesquisa foi selecionado o recorte do NUC (Mapa 1) e os *softwares* recomendados para realizar os procedimentos são os *softwares* gratuitos: QGIS (geoprocessamento, versão utilizada 3.22) e o DepthmapX (ferramenta oficial da sintaxe, versão utilizada 0.8.0). Os dados do hardware utilizado foram: processador: Intel Core i7 Quad-core, memória: 8 GB, gráfico: NVIDIA GeForce GT 1 GB.

A primeira etapa é o desenho do mapa axial, que pode ser realizado de diversas formas, nesse trabalho serão listadas as recomendadas. O processo tradicional consiste no desenho da linha mais longa e em menor número possível dentro dos espaços negativos, ou vazios, da área de estudo. Essas linhas representam o máximo que pode ser visualizado na percepção de um ponto de vista de uma pessoa. Os cálculos são baseados nas intersecções (*links*) resultantes dos encontros das linhas, ou como usado na linguagem da teoria, sua conectividade. (Fig. 2).

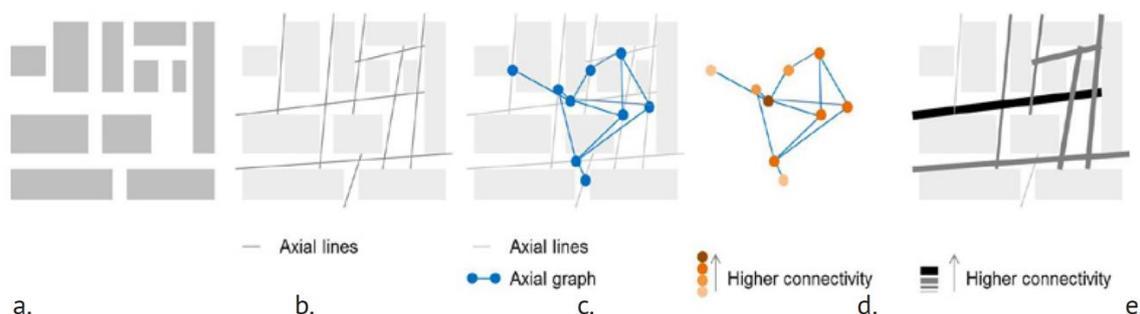


Fig. 2: Representação axial da sintaxe espacial. Fonte: (Al_Sayed et al., 2014).

Embora alguns estudos tenham apresentado a possibilidade de uso de bases disponíveis online (como Open Street Map) que utilizam de linhas centrais de rolamento (Turner, 2007), o desenho manual do mapa axial ainda é o mais indicado para melhores resultados (van Nes & Yamu, 2021) e pode-se optar por diversos níveis de detalhamento.

Ao desenhar a linha axial alguns cuidados devem ser tomados. Na Fig. 3 são apontados alguns erros comuns, sendo os mais recorrentes (e também que causam maiores problemas) os relacionados às linhas não conectadas propriamente. Esses deslizes causam “ilhas” no sistema e comprometem todas as análises posteriores.

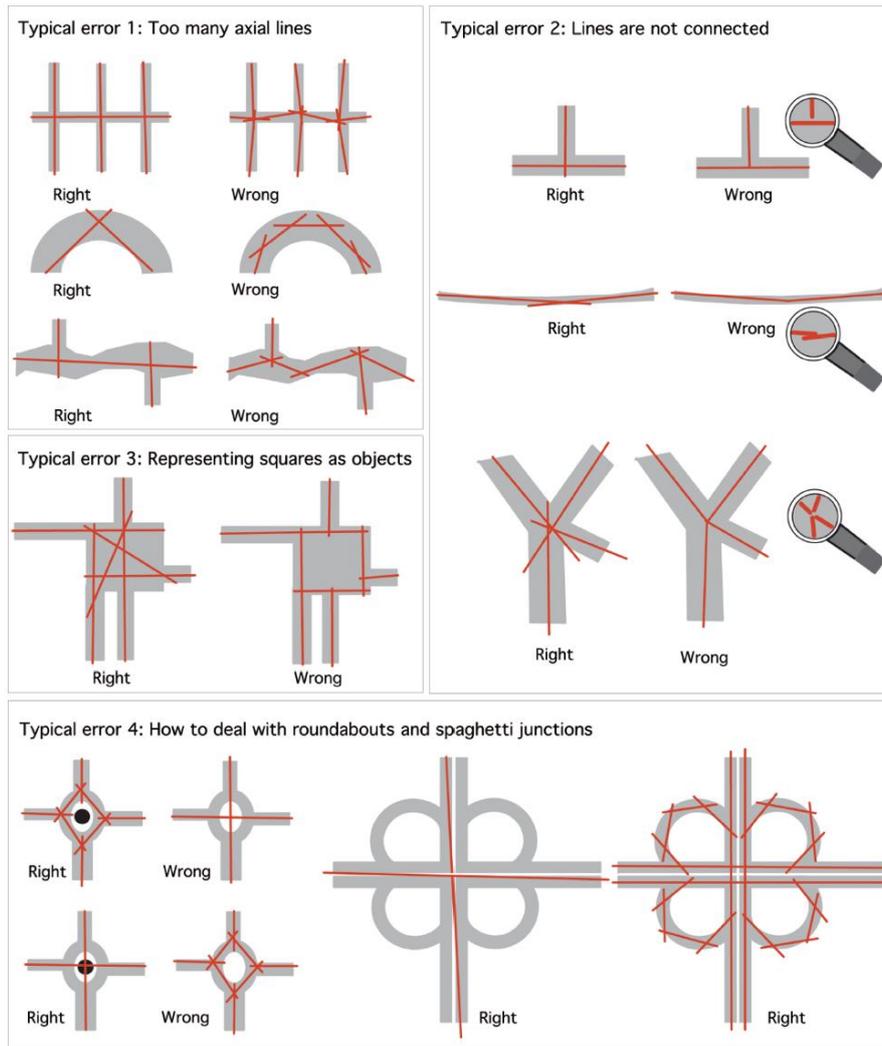


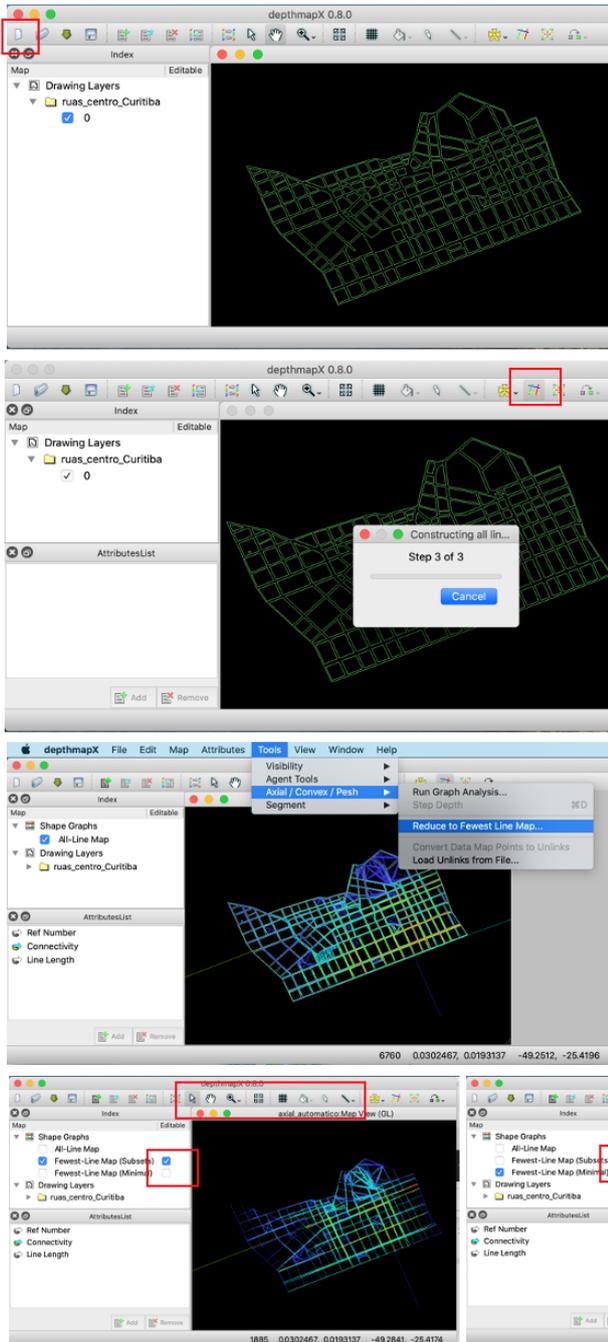
Fig. 3: Erros comuns de iniciantes e dicas gerais para o desenho de um mapa axial (van Nes & Yamu, 2021, p. 38).

No recorte desse trabalho o nível de detalhe considerado foi por faixas de rolamento. Dessa forma, os canteiros, bloqueios de passagem e outras intervenções que resultem na conectividade ou desconectividade de cada linha axial foram observadas. Além disso, outro fator importante a ser considerado são os viadutos e trincheiras, que devem ser pontuados e posteriormente classificados como “*unlinks*” (Fig. 4).



Fig. 4: Linhas axiais sobre imagem aérea e ampliação de unlinks pontuados devido à existência de uma trincheira. Fonte: Autora (2022), Equipe Colaboradores SE (2006-2022), Esri Images (2022), elaboração: Autora (2022).

Embora haja a possibilidade de automatização desse processo dentro do DepthmapX (Fig. 5), a melhor maneira de desenhar o mapa axial é através do programa QGIS. Podem ser utilizadas bases cadastrais de diferentes órgãos, ou, como foi feito na última revisão do sistema dessa pesquisa¹, imagens aéreas (Fig. 4). Esse método se mostrou mais eficiente, pois, além de as imagens estarem disponíveis em alta resolução, através dos mapas de base HCMGIS, ainda é possível salvar as informações de localização e automatizar o processo de reconhecimento dos *unlinks* dentro do DepthmapX.



Ao abrir o DepthmapX, crie um novo arquivo no ícone destacado e salve com um nome preferivelmente na área de trabalho, para evitar erro e fechamento repentino do programa.

Em seguida, importe o desenho .dxf de linhas ou polígonos. Tenha em mente que nesse desenho deve estar muito bem delimitado o espaço "vazio". Nesse exemplo, foram consideradas as quadras e o limite do bairro Centro de Curitiba.

Na sequência clique no ícone ALL LINE MAP destacado na imagem e selecione a área do espaço vazio, onde devem ser desenhadas as linhas axiais.

Uma caixa de status do processamento do comando deve aparecer, aguarde até que o processo seja concluído.

Esse processo desse exemplo levou aproximadamente 3 minutos para ser concluído.

O programa deve criar o máximo de linhas possíveis e será necessário reduzir para o mínimo. Para isso, com o mapa selecionado, selecione a opção TOOLS -> AXIAL / CONVEX / PESH -> REDUCE TO FEWEST LINE MAP...

Como pode ser observado, mesmo com o desenho bem delimitado, algumas linhas "vazaram" dos polígonos. Provavelmente devido às formas arredondadas de algumas quadras, as que apresentam um formato mais retilíneo não sofreram os mesmos "vazamentos".

Esse processo desse exemplo levou aproximadamente 1h e 45min para ser concluído, em segundo plano.

O programa vai gerar duas saídas: *subsets* (com mais detalhe) e *minimal* (com o mínimo de linhas). Uma das opções pode ser escolhida e editada, selecionando a opção EDITABLE e utilizando os comandos da barra de ferramentas.

(figura continua)

¹ Esse processo foi iniciado por (Silva, 2008), revisado pela autora na publicação de (Pereira & Silva, 2014), novamente revisado pela autora nas publicações de Peichó et al., 2016 e Silva et al., 2016 e ampliado para os alguns municípios do NUC com o auxílio de Giovanna Santi e Gustavo Costa em 2018. Em 2022, a autora fez uma nova revisão e ampliação, para todos os municípios do NUC (considerando as áreas conurbadas). Essa equipe será referenciada como Colaboradores SE (2008-2022).

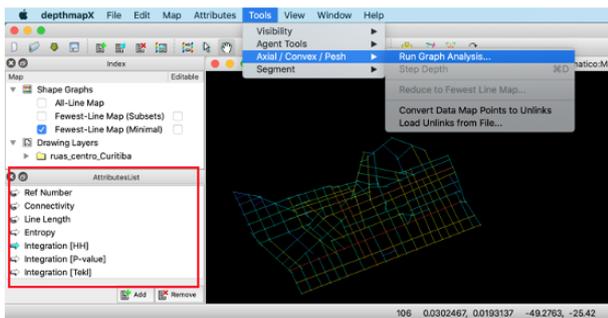


Fig. 5: Tutorial para criação de mapa axial semi automatizado. Fonte: IPPUC (2022), elaboração: Autora (2022).

Após concluídas as edições, é possível gerar uma análise de integração global a partir das linhas axiais utilizando o comando TOOLS -> AXIAL / CONVEX / PESH -> RUN GRAPH ANALYSIS, deixando a opção "n" e clicando em OK.

A análise da integração global (HH) deve ficar disponível na lista de atributos e as cores das linhas devem se alterar, sendo as mais quentes para as mais integradas e as mais frias para as mais segregadas.

Na opção WINDOW -> TABLE, pode ser visualizada a tabela de atributos com os valores de cada análise para cada linha.

Deve ser observado que o desenho das linhas axiais deve ser realizado em geometria tipo Linha e não devem ser utilizadas Polilinhas. Já na pontuação dos *unlinks*, deve ser utilizada a geometria tipo Ponto exatamente no ponto onde deve ocorrer a "desconexão" (Fig. 4). É importante ressaltar que devem ser criadas duas colunas na tabela de atributos dos pontos com suas coordenadas x e y.

Para auxiliar no processo de verificação de erros, como linhas duplicadas, polilinhas, "ilhas" (linhas sem conexão ao sistema) ou linhas curtas; pode ser utilizado um *plugin* gratuito da Space Syntax para QGIS (Fig. 6). Na sequência, as linhas axiais devem ser exportadas em formato .dxf e os pontos em formato .mif (*Mapinfo File*).

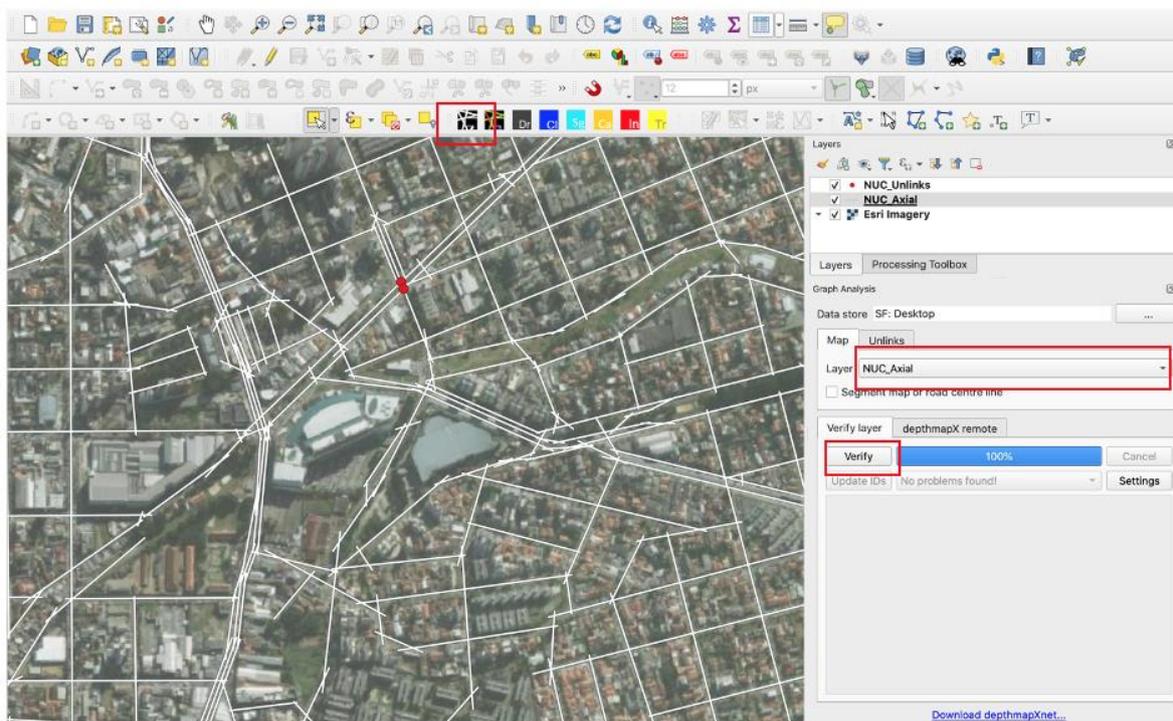


Fig. 6: Verificação de erros com o plugin Space Syntax para QGIS. Fonte: Colaboradores SE (2008-2022), Esri Imagery (2022), elaboração: Autora (2022).

O próximo passo é carregar esses arquivos no DepthmapX e convertê-los em um mapa axial, e depois, em um mapa de segmentos, para que seja possível realizar as análises angulares (Turner, 2001, 2007) (Fig. 7). O mapa de segmentos é o resultado da segmentação de cada linha axial de acordo com suas intersecções e as angulações entre elas são a base de cálculo para as análises dentro do DepthmapX (Fig. 8). Essa conversão das linhas e *unlinks* em um mapa de segmentos também pode ser feito através do mesmo *plugin* citado anteriormente, que também funciona melhor para sistemas menores.

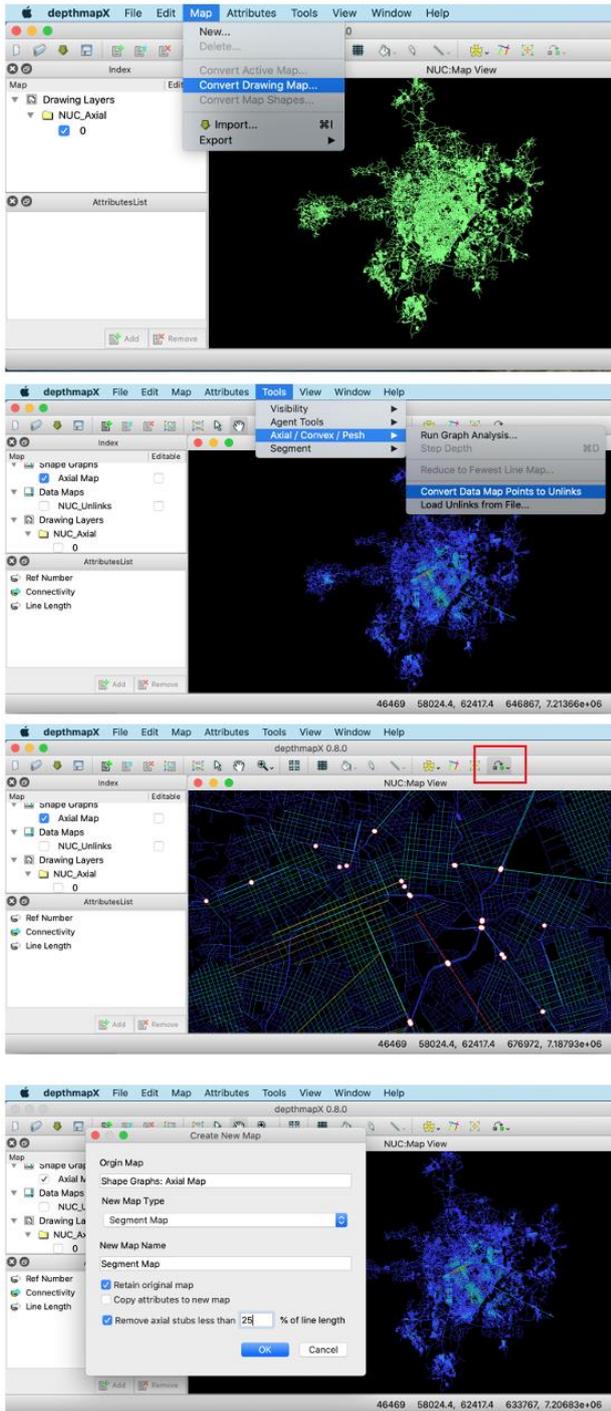


Fig. 7: Tutorial para conversão das linhas axiais e *unlinks* em um mapa de segmentos no DephtmaX. Fonte: Colaboradores SE (2008-2022), elaboração: Autora (2022).

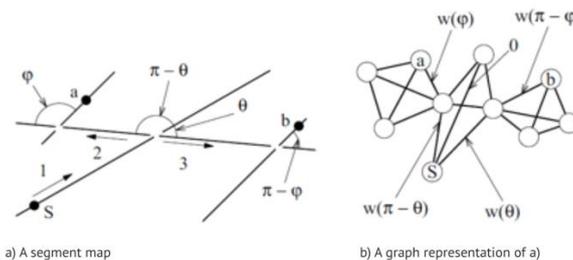


Fig. 8: Representação de um modelo de mapa de segmentos e sua representação gráfica para elucidar como as distâncias angulares são calculadas. Fonte: (Al_Sayed et al., 2014).

Após realizar as etapas iniciais, conforme tutorial prévio (abrir arquivo novo e salvar com nome), importe o arquivo .dxf das linhas axiais e utilize o comando MAP -> CONVERT DRAWING MAP. Na janela que deve surgir selecione a opção AXIAL MAP.

Esse processo para esse exemplo levou em torno de 30 segundos (46.469 linhas), em segundo plano.

Na sequência, importe o arquivo .mif com os *unlinks*. Deixe essa camada desativada e o mapa axial ativo. Selecione a opção TOOLS -> AXIAL / CONVEX / PESH -> CONVERT DATA MAP POINTS TO UNLINKS. Deve aparecer uma janela para selecionar a camada do seu arquivo .mif, clique em OK.

Esse processo para esse exemplo levou em torno de 1 minuto (356 pontos), em segundo plano.

Para verificar se o carregamento teve sucesso selecione o ícone destacado. Devem aparecer esses círculos onde não devem ser calculados os cruzamentos. Também é possível usar esse comando para pontuar os *unlinks* manualmente, embora seja um pouco difícil a visualização de cada cruzamento devido ao tamanho dos círculos.

A última etapa é a conversão do mapa axial em um mapa de segmentos. Com o mapa axial ativo, selecione a opção MAP -> CONVERT ACTIVE MAP. Na janela selecione as opções "Segment Map", "Retain original map" (manter mapa original) e "Remove axial stubs less than 25% of line length" (remover as "pontas de linhas" menores que 25% do comprimento da linha).

Esse processo para esse exemplo levou em torno de 2 minutos (129.090 segmentos), em segundo plano.

4.1.2. Coleta de dados complementares

Outros dados foram utilizados para realizar os comparativos com as análises da TSE, os dados utilizados foram em formato .shp (*shapefile*) do Censo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) de 2010, disponíveis no site da instituição de forma gratuita.

4.2 Processamento dos dados

4.2.1. Processamento das medidas da TSE

Com o mapa de segmentos preparado, a próxima etapa é realizar o processamento dele de acordo com as análises pretendidas. As medidas mais utilizadas são:

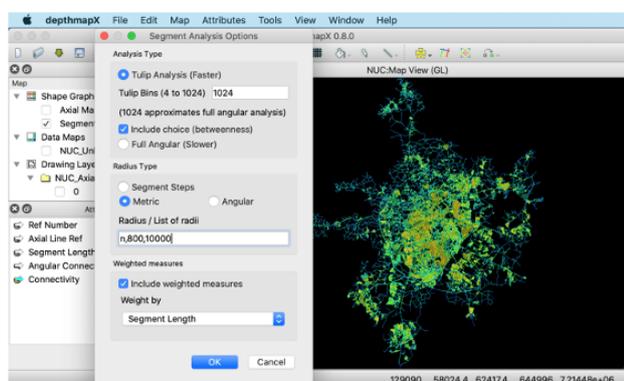
a. Integração

É a principal medida da TSE, representa as movimentações de origem – destino, os segmentos mais acessíveis do sistema (áreas mais integradas) e os menos acessíveis (áreas mais segregadas). É possível realizar dois tipos de medidas. A mais comum é a Integração Global, que considera o sistema como um todo (Bueno et al., 2017; Dias & Lima Sakr, 2014; O'brien et al., 2017; G. Pereira & Silva, 2014). Outra possibilidade é a Integração Local, que utiliza um raio de análise, usualmente em metros e aponta as centralidades do sistema. Nesse trabalho serão apresentadas a Integração Global e a Integração Local utilizando um raio de 800m, ou seja, a distância percorrida em uma caminhada de 10 a 15 minutos (Kronenberger & Saboya, 2019).

b. Escolha

Essa medida representa as movimentações de ir – através, os segmentos que provavelmente seriam escolhidos para se chegar de um ponto a outro do sistema (Kronenberger & Saboya, 2019; O'brien et al., 2017; Oliveira & Fontgalland, 2020). Assim como na Integração, é possível fazer a medida de Escolha Global e Local, mas nesse trabalho será apresentada a Escolha Global.

Para rodar as medidas citadas no DepthmapX, devem ser seguidos os passos na Fig. 9:



Com o mapa de segmentos ativado, selecione a opção TOOLS -> SEGMENT -> RUN ANGULAR SEGMENT ANALYSIS...

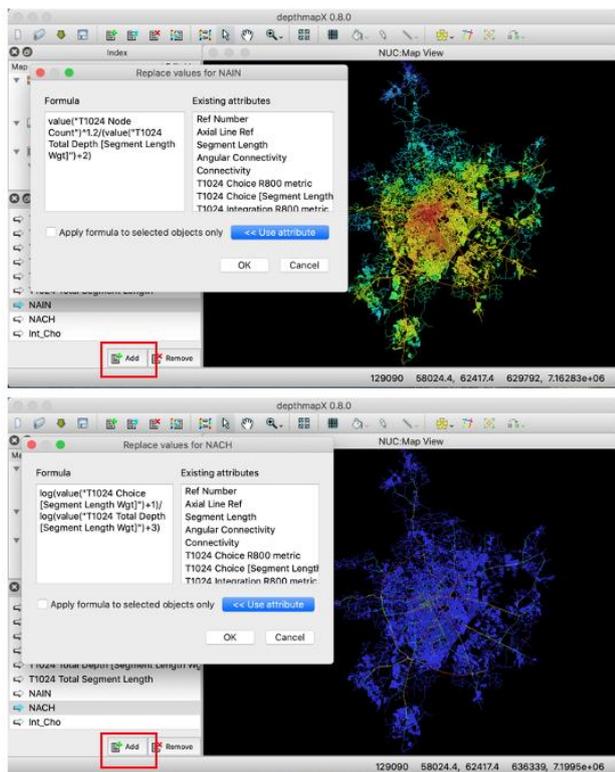
Ao aparecer a caixa de diálogo selecione as opções "Tulip Analysis", "Include choice", "Metric", "n" (para as medidas globais) e digite "800,10000" (para as medidas locais). Note que deve ser usada a vírgula entre as medidas, mas sem espaço.

Também selecione "Include weighted measures" e a opção "Segment Length" (para incluir medidas com peso do comprimento da linha).

Esse processo para esse exemplo levou em torno de 7 horas (129.090 segmentos), em segundo plano.

Fig. 9: Tutorial para rodar as medidas de integração e escolha no DepthmapX. Fonte: Colaboradores SE (2008-2022), elaboração Autora (2022).

Outro procedimento pertinente a ser feito é a normalização das medidas de Integração e Escolha para permitir comparações de escala cruzada entre diferentes partes de uma cidade ou entre diferentes cidades. O método é sugerido por Hillier et al. (2012) e chamam-se NAIN - *Normalised Angular Integration* e NACH - *Normalised Angular Choice*. Isso é possível através da adição de colunas novas na tabela de atributos e inserção de fórmulas (Al_Sayed et al., 2014) (Fig. 10). Para esse estudo foram normalizadas as medidas Globais e Locais.



Com o mapa de segmentos ativado, selecione a opção "ADD" para adicionar uma nova coluna. Ao abrir a caixa de diálogo coloque um nome para a coluna, "NAIN". Selecione o novo atributo e clique na opção "Update Column". Ao abrir uma nova janela digite a expressão: $value("T1024 Node Count")^{1.2}/(value("T1024 Total Depth [Segment Length Wgt]")+2)$

Repita o processo novamente, agora com o nome da coluna "NACH". Digite a expressão: $log(value("T1024 Choice [Segment Length Wgt]")+1)/log(value("T1024 Total Depth [Segment Length Wgt]")+3)$

Fig. 10: Tutorial para aplicar as medidas de normalização NAIN e NACH. Fonte: Colaboradores SE (2008-2022), elaboração: Autora (2022).

4.2.2. Processamento dos dados complementares

Com os dados complementares foram produzidos dois mapeamentos: de renda (salários mínimos) e de densidade (hab/ha). No mapeamento de renda foi usada a variável V0011 do Arquivo Básico – Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 ou mais de idade (com rendimento). No mapeamento da densidade, foi usada a variável V002 do Arquivo Básico – Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes dividida pela área do setor em hectares.

A maior limitação encontrada foi a falta de dados mais recentes do Censo IBGE, que datam de 2010, embora sejam os mais recentes.

4.3 Análises dos dados e comparativos

As análises realizadas foram qualitativas e para que fosse possível a análise das medidas em contexto, os dados processados no DepthmaX foram exportados em formato .mif para o QGIS e as cores foram configuradas com o auxílio do *plugin Space Syntax*. As representações das medidas são sempre em escalas de cores, sendo as cores mais quentes os segmentos com os maiores valores de cada medida e as mais frias representando os menores valores.

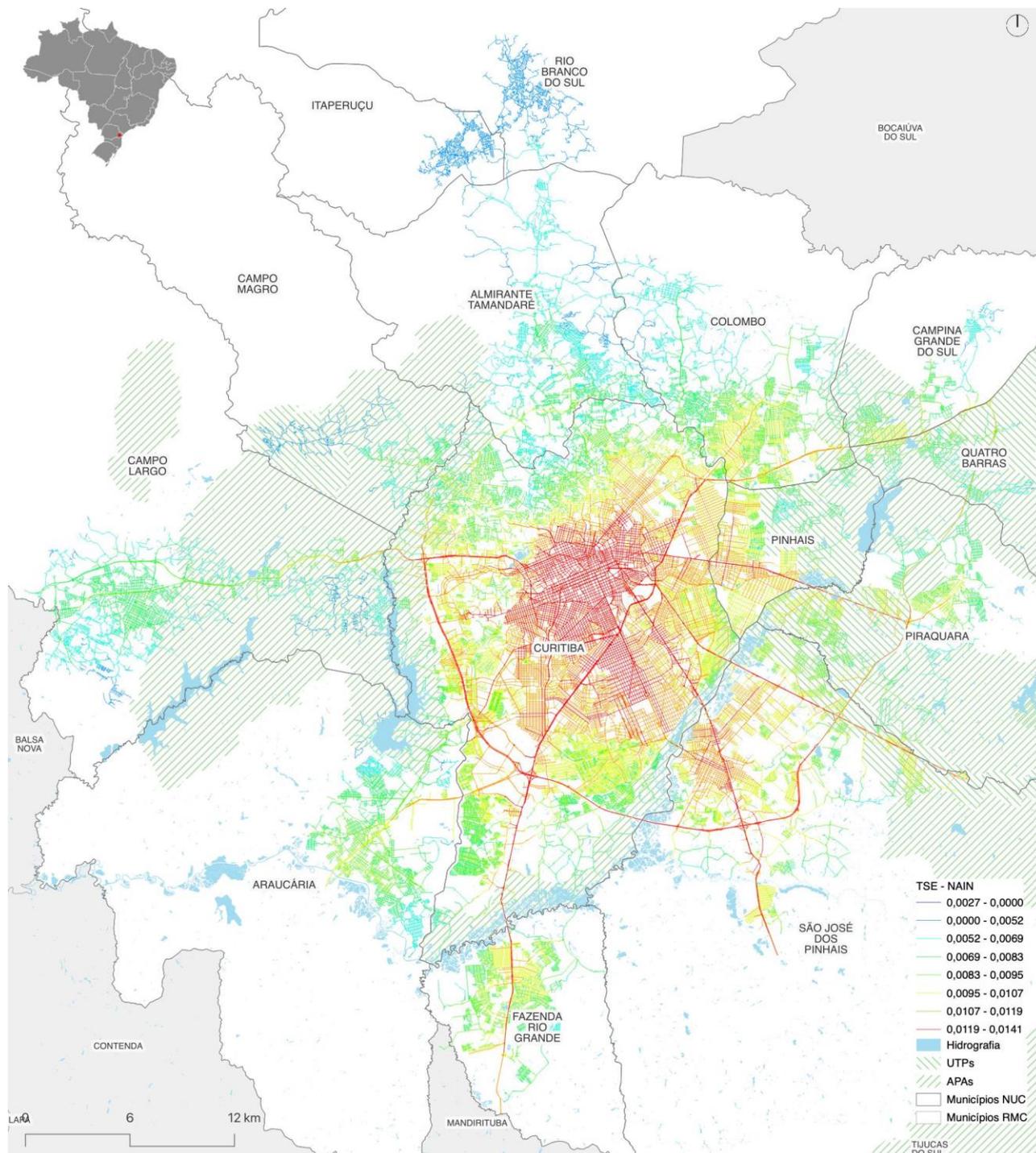
Dessa forma, as análises serão baseadas nas cores dos mapeamentos da sintaxe em comparação com os outros dados complementares (renda e densidade) buscando-se verificar semelhanças e disparidades. Além disso, serão estabelecidas relações entre os resultados e o Marco Teórico apresentado.

Vale ressaltar que em todos os mapeamentos estarão localizadas as Áreas de Proteção Ambiental (APAS), Unidades Territoriais de Planejamento (UTPs) e corpos hídricos superficiais, por apresentarem limitações de uso e ocupação do solo.

4. Resultados

Os mapas com dados da TSE apresentados são o de Integração Global e Escolha Global utilizando as medidas normalizadas (NAIN e NACH) com o peso do comprimento dos segmentos, conforme descrito anteriormente; e o mapa de Integração Local com raio de 800m também com o peso do comprimento dos segmentos. As representações seguiram o padrão de cores da sintaxe, todas com oito intervalos e classificadas por quebras naturais.

O primeiro mapa é o da Integração Global (Mapa 2). Sobre os aspectos positivos que podem ser observados, nota-se que é as áreas mais integradas do sistema condizem com o Centro de Curitiba e arredores. Além disso, há menos integração nas áreas de APAs e UTPs, o que sinaliza que estas áreas estão sendo de fato preservadas. Outro fator interessante é que onde há o alongamento de via existente, seja por rodovias ou avenidas, de Curitiba para o entorno, resulta em áreas integradas nos municípios vizinhos (Fazenda Rio Grande, São José dos Pinhais e Pinhais).



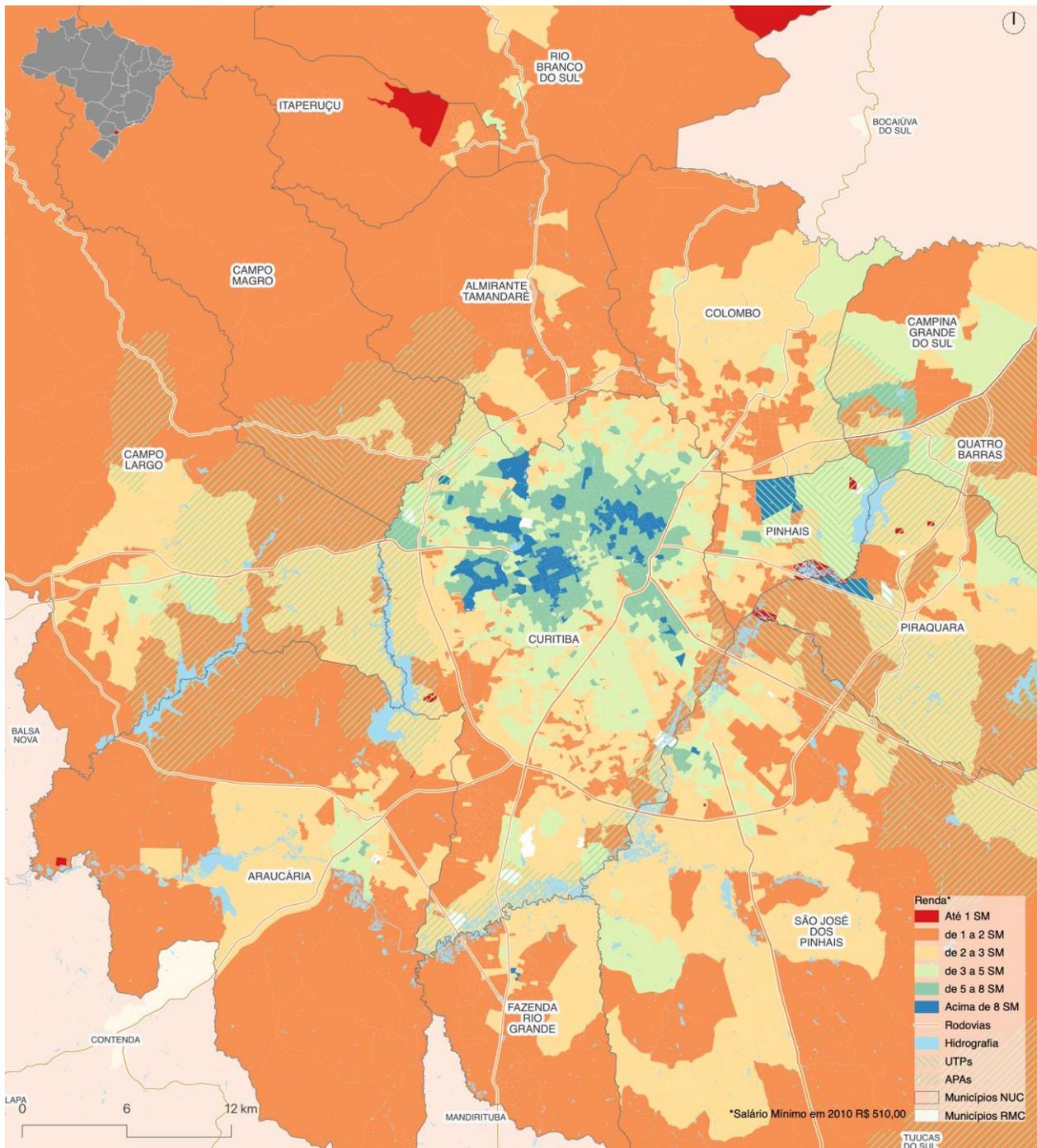
Mapa 2: Medida Normalizada de Integração Global – NAIN. Fonte: COMEC (2022), Colaboradores SE (2008-2022), ÁGUAS PARANÁ (2018), elaboração: Autora (2022).

Por outro lado, nota-se o quanto a área norte do sistema é segregada, embora seja mais próxima (metricamente) do centro topológico. Esse fato deve-se principalmente à topografia mais acidentada da

região, que resulta em vias mais curvas e, por consequência, com menos visibilidade da perspectiva do observador.

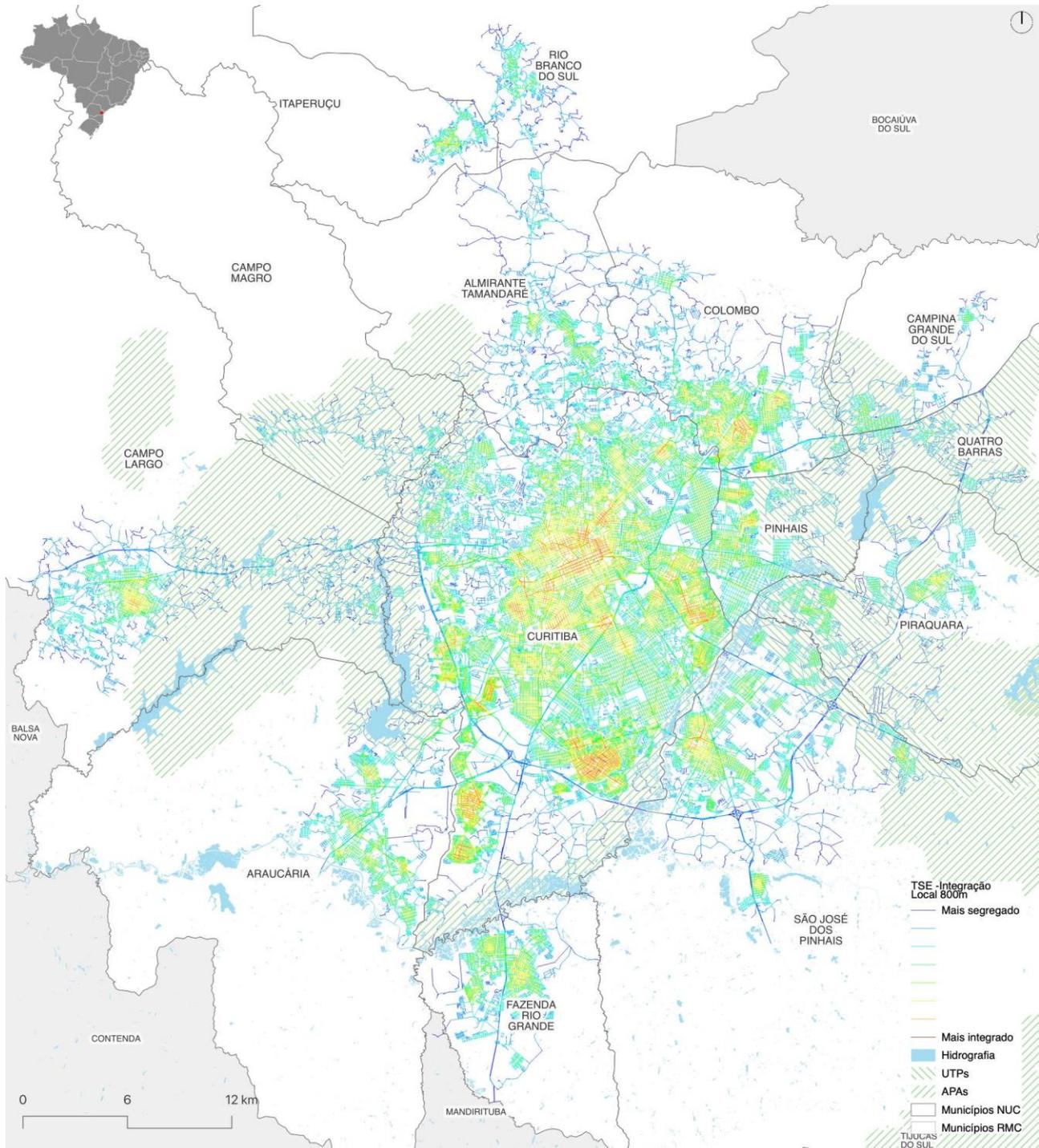
Os mapas complementares, de renda e densidade foram classificados de acordo com parâmetros utilizados em mapeamentos padrões de número de salários mínimos e medidas de densidade. A ordem dos mapas busca considerar as semelhanças entre os mapas das medidas sintáticas e os dados complementares.

Seguindo essa lógica, o segundo mapa apresentado é o de renda média (Mapa 3). Como pode ser observado, há concentração de maior renda nas áreas mais integradas do sistema, exceto por algumas regiões fora de Curitiba, como por exemplo em Pinhais e Piraquara (nessas áreas existem condomínios de alta renda).



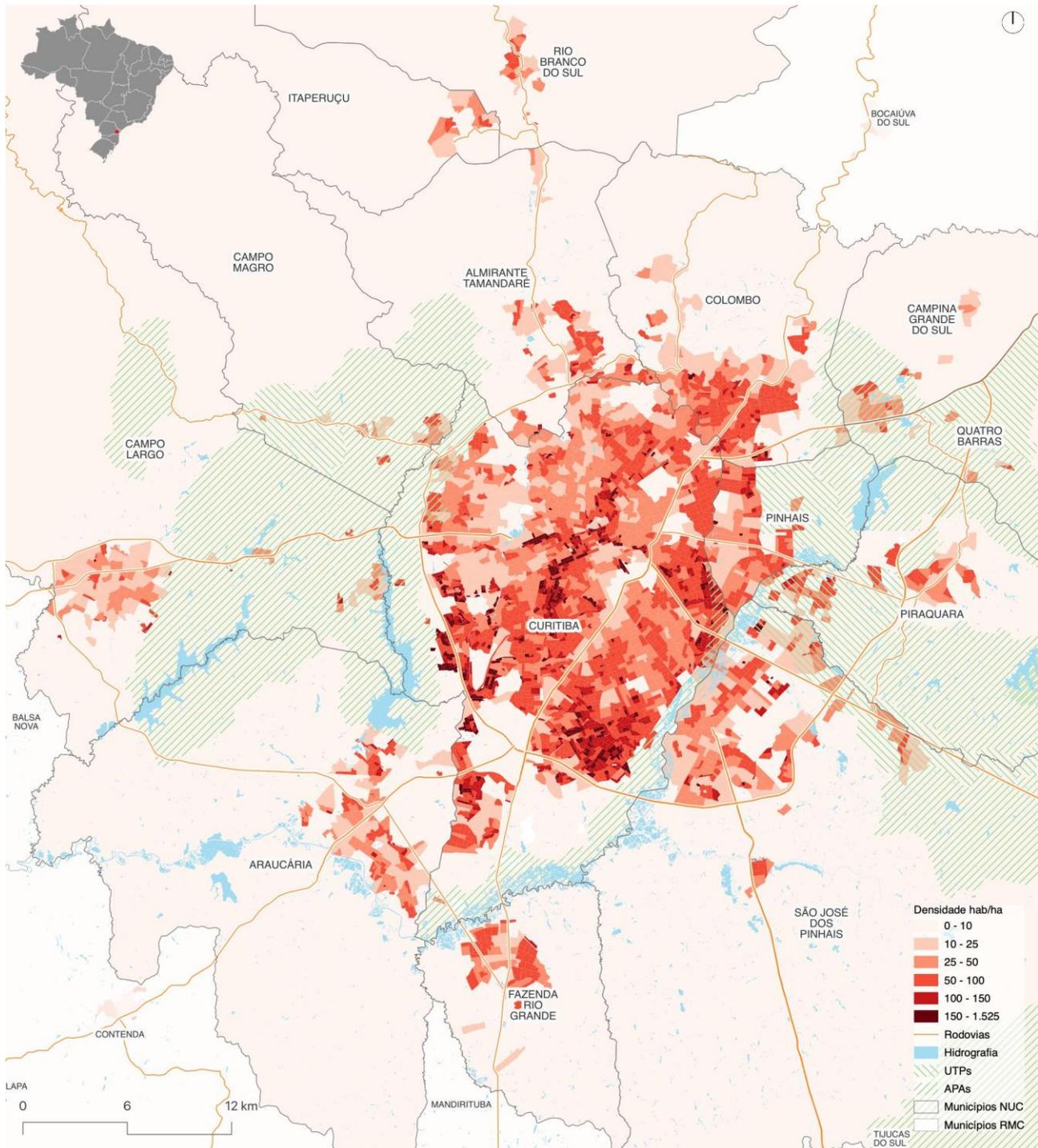
Mapa 3: Renda média (SM) Censo IBGE (2010). Fonte: COMEC (2022), Censo IBGE (2010), ÁGUAS PARANÁ (2018), elaboração: Autora (2022).

Na sequência é apresentado o mapa de Integração Local (Mapa 4). Esse mapa demonstra onde estão localizadas as centralidades, ou seja, as áreas mais acessíveis em um percurso de 800m ou de 10 a 15 minutos de caminhada. Naturalmente, áreas próximas ao centro topológico do sistema tendem a apresentar também integração local. Entretanto, outras áreas também apresentam alta qualidade como regiões ao sul de Curitiba e em áreas de grande conurbação, como em Colombo e São José dos Pinhais.



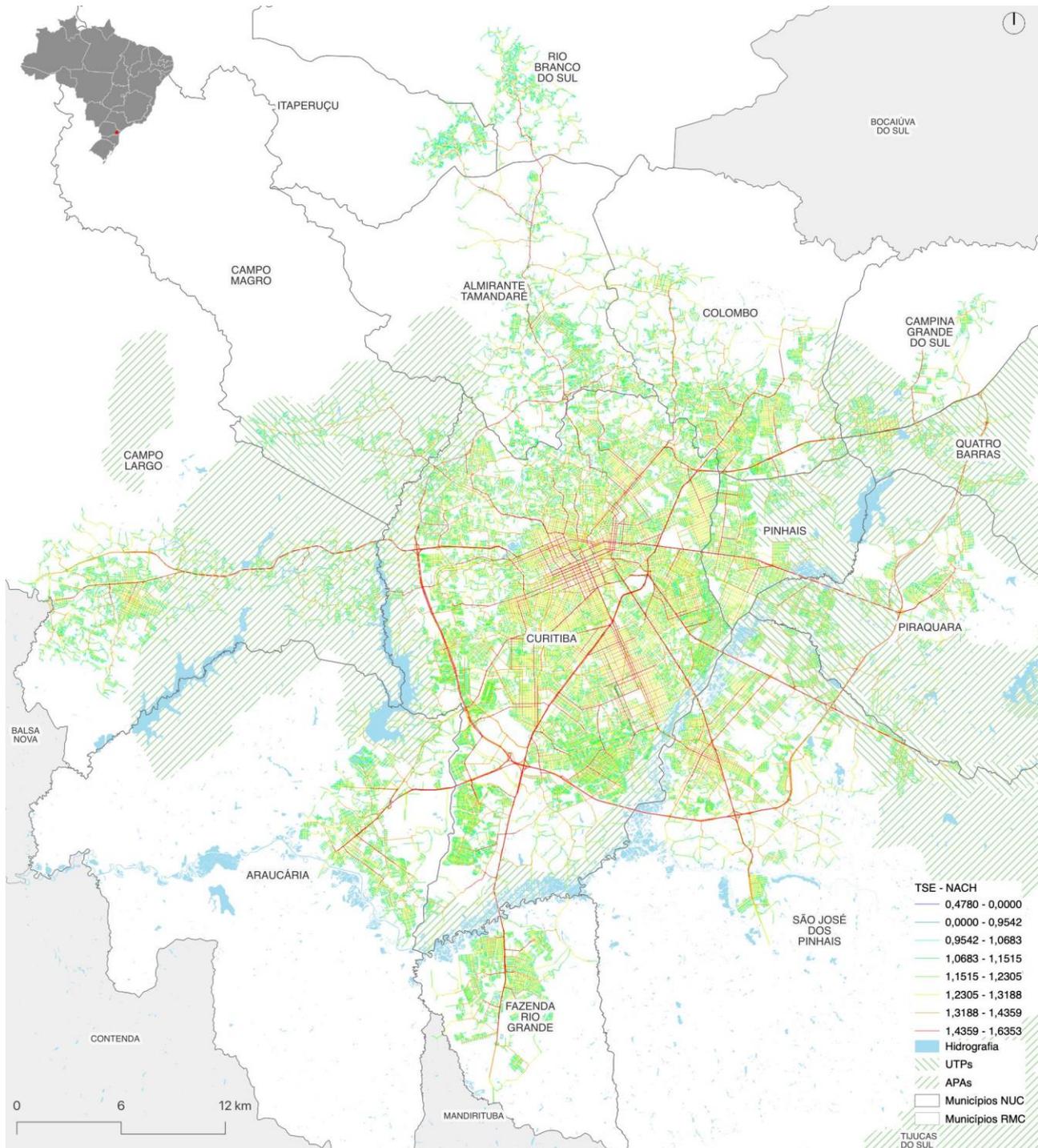
Mapa 4: Medida de Integração Local Raio de 800m. Fonte: COMEC (2022), Colaboradores SE (2008-2022), ÁGUAS PARANÁ (2018), elaboração: Autora (2022).

O mapa de densidade (Mapa 5) é o que mais se assemelha ao de Integração Local. É possível identificar diversas semelhanças nas áreas citadas no mapa anterior ao sul de Curitiba e nos outros municípios mais conurbados. Essas semelhanças corroboram os conceitos apresentados na Teoria do Movimento Natural.



Mapa 5: Densidade hab/ha Censo IBGE (2010). Fonte: COMEC (2022), Censo IBGE (2010), ÁGUAS PARANÁ (2018), elaboração: Autora (2022).

O último mapeamento é o da Escolha Global (Mapa 6). Esta medida é a que mais destaca a importância do planejamento regional integrado. Fica clara a influência das principais rodovias na mobilidade do sistema, principalmente o eixo que cruza a cidade de Curitiba de norte a sul (Linha Verde/BR 116) e o eixo na parte leste (Contorno Leste).



Mapa 6: Medida Normalizada de Escolha Global – NACH. Fonte: COMEC (2022), Colaboradores SE (2008-2022), ÁGUAS PARANÁ (2018), elaboração: Autora (2022).

5. Discussão dos resultados

De acordo com as análises realizadas, pode-se afirmar que as premissas da Teoria do Movimento Natural são confirmadas e essas análises podem auxiliar em diagnósticos para planos de zoneamento e de mobilidade. Por exemplo, em um contexto metropolitano, podem ser identificadas as áreas mais acessíveis para direcionamento de adensamento. Estratégias de aumento de vitalidade urbana também poderiam ser aplicadas ao incentivar comércios, serviços e também maior densidade nas áreas potenciais de centralidades. Além disso, o estudo da qualidade topológica dessas áreas poderia guiar projetos de revitalização ou intervenções viárias.

Quanto às análises globais, é possível estabelecer relações entre a integração global e a renda média, comprovando que as áreas mais acessíveis são as mais valorizadas. Ainda, o mapa de escolha traz destaque para os contornos, principalmente o leste como mais integrado. Sobre a análises de Integração local, há coincidências com o mapa de densidade e essa é semelhança que mais reitera as premissas da TMN.

Um aspecto interessante a ser observado na análise cruzada de todos os mapeamentos é o fato de que o NUC apresenta características de espraiamento, principalmente nos municípios ao norte (Rio Branco do Sul, Itaperuçu), derivado da topografia mais acidentada; e à leste (Campo Largo), derivada da grande Área de Preservação Ambiental. Pois, apesar desse municípios estarem incluídos nesse recorte da Área Conurbada, eles têm uma configuração de quebra com o restante do sistema, não apresentam a mesma continuidade como os demais municípios.

Outro fenômeno que ocorre no sistema é a questão da segregação social apresentada por Maia & Netto (2016) decorrentes da concorrência pelo solo, há maior concentração de alta renda nas áreas mais integradas quando se considera todos os mapeamentos: Integração Global, Local e Escolha. O que leva à conclusão que não há acessibilidade urbana para todas as camadas sociais, principalmente em algumas áreas mais densas ao sul de Curitiba e em outras mais conurbadas como Colombo.

6. Considerações finais

O trabalho buscou trazer de forma detalhada o passo-a-passo para construção de um mapa axial eficiente e os processos necessários para realizar as principais análises da TSE: Integração e Escolha. Almeja-se que os métodos e procedimentos divulgados sejam replicados na análise de outros sistemas, para melhorar a qualidade dos resultados e discussões dessas pesquisas.

Além disso, foram apresentados alguns comparativos com dados do Censo IBGE 2010, para destacar as possibilidades de leitura da teoria. Sugere-se refazer as análises quando houver a divulgação de dados mais recentes.

Referências

- Al_Sayed, K., Turner, A., Hillier, B., Iida, S., & Penn, A. (2014). Space Syntax Methodology. In *Bartlett School of Architecture* (Vol. 30). <https://pdfcoffee.com/alsayed-turner-et-al-2014-space-syntax-methodology-pdf-free.html>
- Bindajam, A. A., & Mallick, J. (2020). Impact of the spatial configuration of streets networks on urban growth: A case study of Abha City, Saudi Arabia. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/su12051856>
- Bueno, A. P., Reis, A. F., & Saboya, R. T. de. (2017). *SINTAXE CATARINA* (1st ed.). Editora da UFSC. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/187926/Sintaxe%20Catarina%20e-book.pdf?sequence=1>
- Carvalho, A., & Saboya, R. T. de. (2017). A localização residencial em uma cidade vertical: um estudo sintático em Florianópolis. *URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 9(3), 414–429. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.003.a003>
- Dias, C. R., & Lima Sakr, F. (2014). CENTRALIDADE URBANA: CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS NA CIDADE DE SÃO PAULO, BRASIL. *XI SIIU - Seminário Internacional de Investigação Em Urbanismo*.

- Ewing, R., & Hamidi, S. (2015). Compactness versus Sprawl: A Review of Recent Evidence from the United States. *Journal of Planning Literature*, 30(4), 413–432. <https://doi.org/10.1177/0885412215595439>
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space* (1ª). Cambridge University Press.
- Hillier, B., Perm, A., Hanson, J., Grajewski, T., & Xu, J. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20, 29–66. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/b200029>
- Hillier, B., Yang, T., & Turner, A. (2012). Normalising least angle choice in Depthmap and how it opens up new perspectives on the global and local analysis of city space. *Journal of Space Syntax*, 3(2), 155–193. <http://www.journalofspacesyntax.org/>
- Jayasinghe, A., Sano, K., & Rattanaporn, K. (2017). Application for developing countries: Estimating trip attraction in urban zones based on centrality. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 4(5). <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2017.05.011>
- Kronenberger, B. da C., & Saboya, R. T. de. (2019). Entre a servidão e a beira-mar: um estudo configuracional da segregação socioespacial na Área Conurbada de Florianópolis (ACF), Brasil. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, 1–21. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20170227>
- Lerman, Y., Rofè, Y., & Omer, I. (2014). Using space syntax to model pedestrian movement in urban transportation planning. *Geographical Analysis*, 46(4), 392–410. <https://doi.org/10.1111/gean.12063>
- Maia, J. L. M., & Netto, M. V. (2016). Forma Urbana: uma discussão sobre compacidade e desempenho. *IV ENSUS - Encontro de Sustentabilidade Em Projeto*, 152–163.
- Marconi, M. de A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de Metodologia Científica* (5ª). Atlas S.A. http://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india/view
- O'brien, J., Vélez, L. G., & Austwick, M. Z. (2017). Visualizing the impacts of movement infrastructures on social inclusion: Graph-based methods for observing community formations in contrasting geographic contexts. *Social Inclusion*, 5(4), 132–146. <https://doi.org/10.17645/si.v5i4.1099>
- Oliveira, C. G. dos S., & Fontgalland, I. L. (2020). Análise da mobilidade e da acessibilidade por agrupamento de bairros por meio da sintaxe espacial. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 11(6), 672–687. <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.006.0054>
- Peichó, A. S., Pellizzaro, M. E. C., Silva, J. M., & Sastre, R. M. (2016, October). A (Trans)Formação da Malha Urbana de Curitiba: Uma Análise Sintática. *7º Congresso Luso Brasileiro Para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*. https://fau.ufal.br/evento/pluris2016/congresso_anais_planejamento_regional_urbano
- Pereira, G., & Silva, J. M. (2014). A rede que se espalha: Programa Minha Casa Minha Vida e acessibilidade urbana. In O. Firkowski & R. Moura (Eds.), *Curitiba: Transformações na Ordem Urbana* (1ª, pp. 260–277). Letra Capital: Observatório das Metrôpoles. <https://transformacoes.observatoriodasmetropoles.net.br/livro/curitiba/>
- Pereira, R. H. M., Braga, C. K. V., Serra, B., & Nadalin, V. G. (2020). Desigualdades Socioespaciais de Acesso a Oportunidades nas Cidades Brasileiras. *IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada*, 2535, 1–58. https://www.ipea.gov.br/porta/images/stories/PDFs/TDs/td_2535_web.pdf https://www.ipea.gov.br/porta/images/stories/PDFs/TDs/td_2535_web.pdf
- Scheibe, A. C., Piccinini, L. T. S., & Braga, A. da C. (2015). Evolução Urbana do Município de Lajeado: um estudo configuracional. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, 2(2), 7–27. <https://rppc.emnuvens.com.br/RPPC/article/download/1/9>

- Silva, J. M. (2008). *Por Uma Cidade Amigável: Configuração Urbana, Andabilidade e Atropelamentos em Curitiba*. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91712>
- Silva, J. M., Peichó, A. S., Pellizzaro, M. E. C., & Sastre, R. M. (2016). Curitiba and its Urban Lines: From 1857 to 1988. *XI SSS Space Syntax Symposium*. https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/58641713/Curitiba_and_its_Urban_Lines_-_from_1857_to_1988-libre.pdf?1552866516=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3D13_1_113_CURITIBA_AND_ITS_URBAN_LINES_Fr.pdf&Expires=1648392151&Signature=Qpqq~97y-7xJ1IGWyRCDmpnybz6Y0ExdAt4LD5BVQtd2c4OV11ITmZ60NwlapUbwG7y7jCfbou73lf2s8Nsk8HdZVdBIJ7cg2tNlzreSulNkjHxzKew9pq~rMMHpX07ubG9lfMSrvNczH8Q1~uzU61FjOO5EH5VX2a1JjWidT1tHrvh4i0B3WQyJFLL3vkdZEwqn4Jk0RTtvoIV4BRzPpZu9wIRiHbtqRvrVWsUhsH3GHT5tgoP~Rw5aPYQz2H8Bg8i5I32oID3TYvJL9FUo4Olww~eDDtpEpAiAdSyVe766c7rqSDzjDyUVE3JPhmR8kisir~vbRAkfh1IIDLT9ImQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Stone, B., Hess, J. J., & Frumkin, H. (2010). Urban form and extreme heat events: Are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities? *Environmental Health Perspectives*, 118(10), 1425–1428. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901879>
- Turner, A. (2001). Angular Analysis. *3rd International Symposium on Space Syntax*, 1–13. <https://www.academia.edu/download/3241274/angular.pdf>
- Turner, A. (2007). From axial to road-centre lines: A new representation for space syntax and a new model of route choice for transport network analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34(3), 539–555. <https://doi.org/10.1068/b32067>
- van Nes, A., & Yamu, C. (2021). Introduction to Space Syntax in Urban Studies. In *Introduction to Space Syntax in Urban Studies* (1st ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-59140-3>
- Villaça, F. (2012). *Reflexões Sobre as Cidades Brasileiras* (1st ed.). Studio Nobel.