

## **EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA E CONSTRUÇÃO DA RESILIÊNCIA ESPACIAL EM MALHAS VIÁRIAS DE CIDADES MÉDIAS: os casos de Santa Maria e Pelotas (RS)<sup>1</sup>**

**MORPHOLOGICAL EVOLUTION AND CONSTRUCTION OF SPATIAL  
RESILIENCE IN ROAD NETWORKS OF MEDIUM-SIZED CITIES: the cases of  
Santa Maria and Pelotas (RS)**

**Filipe Bassan Marinho Maciel<sup>2</sup>**  
[filipebassan@gmail.com](mailto:filipebassan@gmail.com)

**Décio Rigatti<sup>3</sup>**  
[driga2000@yahoo.com.br](mailto:driga2000@yahoo.com.br)

**Fábio Lúcio Lopes Zampieri<sup>4</sup>**  
[fabio.zampieri@ufrgs.br](mailto:fabio.zampieri@ufrgs.br)

**Resumo:** Este trabalho investiga como o crescimento urbano fragmentado afeta a organização das malhas viárias e sua capacidade de adaptação a transformações — dimensão tratada aqui como resiliência espacial. Foram analisadas comparativamente as cidades de Santa Maria e Pelotas, no Rio Grande do Sul, com base em mapas históricos de 1939, 1975 e 2022. A abordagem metodológica adotada é configuracional, fundamentada na sintaxe espacial, que permite avaliar relações locais e

---

<sup>1</sup> Baseado na tese “Efeitos configuracionais do crescimento fragmentado e da resiliência espacial em malhas viárias”, de Filipe Bassan Marinho Maciel, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS/2023).

<sup>2</sup> Doutor em Planejamento Urbano e Regional pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS/2023), Mestre em Planejamento Urbano e Regional pela mesma instituição (UFRGS/2018) e Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/2014). Professor no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

<sup>3</sup> Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (USP/1997), com doutorado sanduíche na Bartlett School of Advanced Studies da University College London (UCL/1996), Mestre em Planejamento Urbano e Regional pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS/1980) e Arquiteto pela mesma instituição (UFRGS/1975). Foi professor da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1988–2013) e professor adjunto na UniRitter – Laureate International Universities, atuando na Graduação e no Mestrado em Arquitetura e Urbanismo (2013–2017).

<sup>4</sup> Doutor em Planejamento Urbano e Regional pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS/2012), Mestre em Planejamento Urbano e Regional pela mesma instituição (UFRGS/2006) e Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/2003). Professor no Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR) e no Departamento de Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

globais de conectividade entre os espaços públicos que formam as malhas viárias. Ambas as cidades partiram de traçados regulares, mas passaram por processos de expansão marcados por fragmentações espaciais, que resultaram em interrupções de continuidade morfológica entre partes da malha. Os resultados revelam que, embora Pelotas tenha apresentado maior crescimento físico e maior capacidade de absorver mudanças na malha, Santa Maria manteve uma configuração espacial mais coesa e legível, com centralidade funcional preservada. A análise demonstrou que os efeitos da expansão urbana devem ser avaliados tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, considerando o modo como as novas áreas se integram à malha preexistente. A pesquisa reforça a importância de estratégias de planejamento que priorizem a continuidade espacial e articulem as expansões à lógica configuracional das cidades, promovendo malhas mais acessíveis, funcionais, eficientes e resilientes.

**Palavras-chave:** resiliência espacial; fragmentação espacial; configuração espacial; evolução urbana; cidades médias.

**Abstract:** This study investigates how fragmented urban growth affects the organization of street networks and their capacity to adapt to transformations - a dimension addressed here as spatial resilience. A comparative analysis was conducted on the cities of Santa Maria and Pelotas, in southern Brazil, based on historical maps from 1939, 1975, and 2022. The methodological approach is configurational, grounded in space syntax theory, which allows for the evaluation of local and global connectivity relations within the public spaces that make up the urban grid. Both cities originated from regular layouts but underwent expansion processes marked by spatial fragmentation, resulting in morphological discontinuities between parts of the network. The results reveal that although Pelotas experienced greater physical growth and a higher capacity to absorb changes in its street network, Santa Maria preserved a more cohesive and legible spatial configuration, maintaining functional centrality. The analysis showed that the effects of urban expansion must be assessed both quantitatively and qualitatively, considering how new areas integrate with the existing urban fabric. The study highlights the importance of planning strategies that prioritize spatial continuity and align urban expansion with the configurational logic of the city, fostering more accessible, functional, efficient, and resilient urban networks.

**Keywords:** spatial resilience; spatial fragmentation; spatial configuration; urban evolution; medium-sized cities.

## 1. Introdução

Desde meados do século XX, a urbanização brasileira tem se caracterizado por formas de expansão que frequentemente geram malhas viárias fragmentadas, descritas como 'colchas de retalhos' por serem formadas a partir da 'colagem' de partes que nem sempre se integram. Embora comum, esse processo ainda é pouco compreendido em seus efeitos morfológicos de longo prazo. A fragmentação espacial aqui é entendida como baixo entrelaçamento entre os espaços públicos de circulação, decorrente de traçados viários contínuos ou descontínuos à malha preexistente. Essa condição compromete a formação de grandes eixos integradores, essenciais para facilitar deslocamentos em escala ampla. Como consequência, observa-se aumento

das distâncias médias entre origens e destinos, concentração de fluxos veiculares ou de pedestres em algumas ruas, esvaziamento de outras, intensificação da segregação socioespacial e possível enfraquecimento da vida social coletiva.

Nesse contexto, ganha relevância o conceito de resiliência espacial, entendido como a capacidade da malha viária de manter sua coerência estrutural diante de alterações locais, preservando seu funcionamento global. A resiliência depende da configuração da malha, ou seja, da organização e relação entre seus espaços públicos, permitindo avaliar em que medida a cidade pode se adaptar a novas situações sem comprometer sua acessibilidade e funcionalidade. Compreender a construção histórica da resiliência possibilita avaliar o impacto das escolhas morfológicas passadas na estrutura urbana atual. Cada novo loteamento incorporado pode fortalecer ou enfraquecer essa resiliência, afetando diretamente a organização futura da cidade. Avaliar a transformação das malhas ao longo do tempo — identificando padrões, permanências e mudanças — revela as lógicas subjacentes ao crescimento urbano e suas implicações.

Santa Maria e Pelotas, cidades médias analisadas, enfrentam desafios comuns às grandes metrópoles, como a fragmentação espacial, mas também peculiaridades locais que exigem atenção às suas formas de crescimento e implicações morfológicas. A questão central é: como os processos de crescimento moldaram, ao longo do tempo, a resiliência espacial das malhas viárias de Santa Maria e Pelotas, e em que medida isso gerou diferentes estruturas morfológicas? A hipótese é que ambas seguiram padrões distintos de incorporação territorial, resultando em diferentes níveis de resiliência espacial, com impactos relevantes para a configuração urbana atual e futura.

O objetivo geral é analisar a evolução configuracional das malhas viárias em três momentos históricos (1939, 1975 e 2022), com ênfase na construção da resiliência espacial. Os objetivos específicos são: (i) identificar padrões morfológicos nos três períodos; (ii) avaliar, com base na sintaxe espacial, os níveis de resiliência; e (iii) comparar os resultados, identificando convergências e divergências nos processos

urbanos. Ao mapear essas transformações, busca-se evidenciar as implicações das escolhas morfológicas de longo prazo, contribuindo para estratégias de crescimento urbano mais integradas, conectadas e capazes de sustentar estruturas urbanas coesas. O artigo segue com referencial teórico, metodologia, resultados e discussão, e considerações finais.

## 2. Referencial teórico

A malha viária, um dos principais componentes da forma urbana, desempenha papel fundamental na organização dos fluxos urbanos. Pode ser tratada como um sistema espacial: seus elementos são edificações (barreiras) e espaços públicos livres (permeabilidades), que, quando conectados, estabelecem fluxos de pessoas, mercadorias e informações. A análise configuracional da malha busca compreender o sistema urbano como um conjunto de espaços interligados, cujas relações locais influenciam o comportamento global. A sintaxe espacial fundamenta essa análise: sua ideia central é que diferentes formas e níveis de conexão entre espaços públicos produzem estruturas de movimento e interação social distintas — mais ou menos integradas — com consequências para o funcionamento da cidade (Hillier e Hanson, 1984).

Uma relação espacial é qualquer conexão, seja adjacência ou permeabilidade física ou visual entre dois espaços. Quando abrange ao menos três elementos, constitui uma configuração: as relações entre dois espaços se modificam conforme se associam a, no mínimo, um terceiro. Assim, a configuração é uma descrição sistêmica das relações entre espaços de um sistema urbano, que permite quantificar propriedades do sistema por meio de variáveis. Malhas distintas podem apresentar diferentes configurações, resultando em variadas relações espaciais e, consequentemente, diferentes formas de ocupação e movimento. Quanto mais conexões entre os espaços, menor a distância topológica média, ampliando a acessibilidade relativa global. Na situação inversa, menos conexões aumentam essa

distância, resultando em maior fragmentação espacial e prejudicando a coesão da malha (Hillier e Hanson, 1984).

A fragmentação espacial manifesta-se por uma malha desconectada, que pode ocorrer de duas formas: (i) por traçado contínuo, mas com espaços pouco interligados; (ii) por descontinuidades físicas no território, como vazios urbanos entre áreas distintas (Holanda et al., 2015). Ambos impactam negativamente a urbanidade, dificultando a mobilidade, comércio e interação social — fatores essenciais para uma cidade dinâmica e integrada (Dovey; Pafka, 2017; Hillier, 2002). Esse processo de fragmentação resulta, em parte, de lógicas da economia atual, como a especulação imobiliária, que estimula empreendimentos seletivos e dispersos, muitas vezes desconectados da malha preexistente. Também pode ser induzida por questões sociais, como loteamentos periféricos abertos ou fechados, que segregam grupos sociais e reduzem a integração. Além disso, fatores naturais — topografia acidentada ou corpos d'água — contribuem para a descontinuidade da malha (Holanda et al., 2015).

Paralelamente, cresce o interesse por conceitos que expliquem a robustez funcional das malhas diante de transformações. A resiliência, conceito multidisciplinar relacionado à capacidade do sistema de resistir a choques naturais ou antrópicos sem comprometer seu funcionamento estrutural e social (Abshirini e Koch, 2017), tem sido cada vez mais aplicado no planejamento urbano. Estudos configuracionais têm avaliado a capacidade de adaptação de edifícios (Koch e Carranza, 2013), cidades (Abshirini e Koch, 2017; Carpenter, 2013; Cutini, 2013; Di Pinto e Cutini, 2015; Di Pinto e Esposito, 2015; Geremia, 2018; Nel, 2022; Rigatti, 2016) e regiões metropolitanas (Cutini, 2017). No âmbito da morfologia urbana e análise das malhas viárias, a resiliência espacial é a capacidade da malha de absorver mudanças na configuração sem afetar seu desempenho global. Alterações podem ocorrer por inundações, obras viárias ou expansões urbanas. Segundo Cutini (2013), a resiliência espacial se expressa na habilidade da malha de lidar com rupturas locais (supressões de malha), minimizando impactos negativos no sistema. Esse entendimento pode ser ampliado

para incluir os efeitos das adições de novas malhas à preexistente. Em termos configuracionais, a resiliência considera as conexões entre espaços públicos em nível local, acessibilidade espacial local e global, e a escolha dos espaços para o movimento geral. Associada ao exame dos processos evolutivos, essa perspectiva permite analisar como diferentes estruturas urbanas suportam as modificações com maior ou menor eficiência.

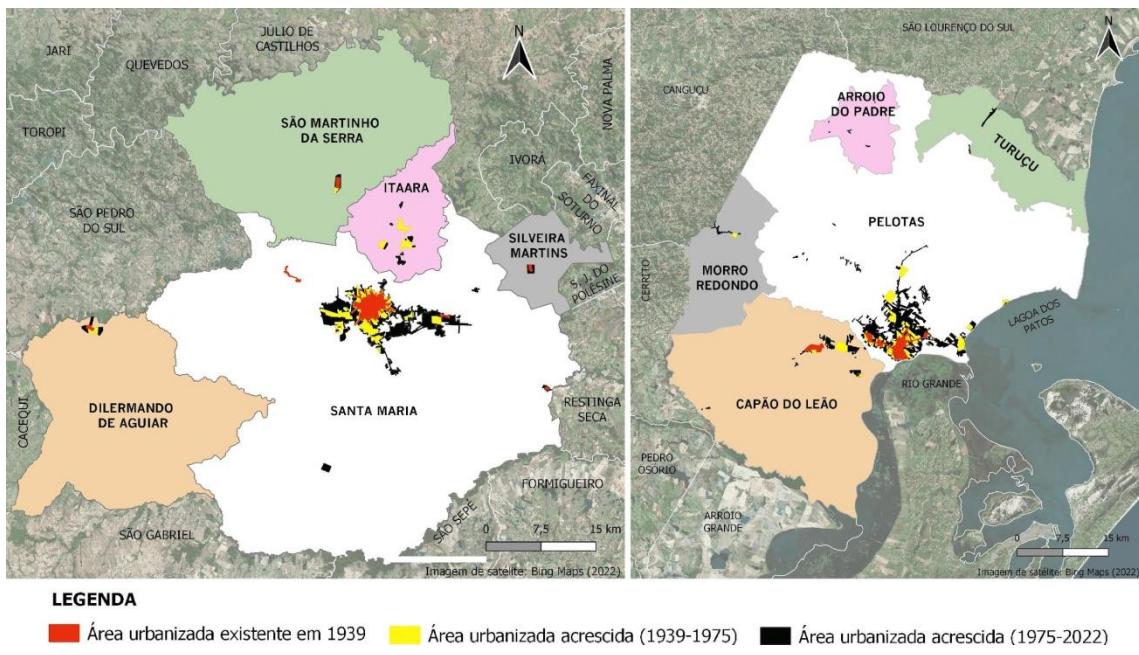
O crescimento fragmentado das cidades brasileiras, especialmente desde a segunda metade do século XX, tem sido recorrente, principalmente nas grandes cidades, descritas como ‘colcha de retalhos’ (Medeiros e Holanda, 2007). Esse padrão pode diminuir a resiliência espacial, tornando as cidades mais vulneráveis a futuras transformações. No Brasil, a expansão tem ocorrido por loteamentos, frequentemente sem articulação adequada com a malha preexistente. Esses padrões, influenciados por fatores econômicos e mercadológicos, ignoram o papel estruturante da malha viária na organização urbana (Rigatti, 2002).

### **3. Metodologia**

Os municípios de Santa Maria e Pelotas (Figura 1), no estado do Rio Grande do Sul, mostraram-se adequados como estudo de caso, pois ambos são de porte médio, com características similares em termos de hierarquia na rede urbana, tamanho de sistema espacial, indicadores socioeconômicos e presença de padrões de crescimento fragmentado, especialmente no que tange ao traçado e às descontinuidades das urbanizações. O artigo avaliará a evolução das malhas viárias dessas cidades ao longo de três estados temporais: um mais recente (2022) e dois anteriores (1939 e 1975). A escolha desses períodos decorre da observação do crescimento e da fragmentação das malhas viárias ao longo de 83 anos de evolução urbana, aliada à disponibilidade de mapas que registram a totalidade das vias urbanas e rurais. Como delimitação espacial dos sistemas das cidades, foi adotado o limite municipal vigente no ano de 1939. Nesse ano, os territórios de Santa Maria e Pelotas eram mais extensos, incluindo antigos distritos que passaram a ser emancipados politicamente entre as décadas de 1980 e

1990. Nos estados temporais seguintes (1975 e 2022), as malhas viárias dessas áreas, agora emancipadas, continuam sendo tratadas como parte do sistema espacial evolutivo dos municípios, sem fazer distinção quanto ao novo status político-administrativo.

**Figura 1:** Municípios componentes, municípios limítrofes e evolução da área urbanizada dos sistemas espaciais de Santa Maria e Pelotas (1939-2022).



**Fonte:** autores.

O sistema espacial de Santa Maria, localizado na região central do estado, é composto pelo município-mãe e quatro municípios emancipados: Dilermando de Aguiar, Itaara, São Martinho da Serra e Silveira Martins. Com uma área total de 3.342 km<sup>2</sup>, dos quais apenas 2,32% são urbanizados, a região apresenta uma configuração que destaca Santa Maria como capital regional B<sup>5</sup>, com forte influência sobre os municípios vizinhos. Ela é uma cidade de porte médio com uma população de 271.735

<sup>5</sup> Segundo o IBGE, as capitais regionais são centros urbanos com influência regional, mas hierarquicamente inferiores às metrópoles. Entre elas, as categorias A, B e C indicam níveis decrescentes de porte e influência, sendo as A mais próximas das metrópoles, seguidas pelas B e depois as C, com menor alcance regional.

habitantes, enquanto os municípios vizinhos, classificados como cidades pequenas, somam cerca de 13 mil habitantes. Em termos socioeconômicos, Santa Maria apresenta os melhores índices da região, com uma economia centrada no setor de serviços, enquanto os municípios vizinhos têm maior dependência da agropecuária (IBGE, 2022a, 2022b, 2022d, 2022c, 2025).

Historicamente, Santa Maria teve sua origem no final do século XVIII com a instalação de um acampamento militar da Comissão Demarcadora de Limites em 1797. A cidade se consolidou como centro comercial com a chegada da ferrovia em 1885, e a criação da Universidade Federal de Santa Maria em 1960 acelerou seu crescimento urbano. São Martinho da Serra, originada da construção de um forte em 1774, foi emancipada em 1992. Itaara, que se desenvolveu como ponto de passagem militar, foi emancipada em 1995, e Silveira Martins, criada como colônia de imigração italiana, se emancipou em 1987. Dilermando de Aguiar, que teve origem na construção da Estação Férrea São Pedro, se tornou município em 1995 (Beltrão, 2013; IBGE, 2022a, 2022b, 2022d, 2022c, 2025).

Do ponto de vista geomorfológico, a região está dividida entre a Depressão Central, com relevo suave e vocação agropecuária, e o rebordo do Planalto Meridional, que apresenta maior altitude e limita a expansão urbana. A cobertura vegetal é composta pelos biomas Mata Atlântica e Pampa, com Santa Maria, Itaara e São Martinho da Serra apresentando ambos, enquanto Dilermando de Aguiar está inserido no Pampa e Silveira Martins na Mata Atlântica. Três unidades de conservação ambiental atuam como barreiras à urbanização. Em termos hidrográficos, o sistema abrange as bacias dos rios Vacacaí, Ibicuí e Baixo Jacuí, conectando-se aos principais corpos d'água da região. A infraestrutura de transporte é marcada pela presença de rodovias principais, como as BR-158, 287 e 392, que ligam Santa Maria a outras regiões do estado (RS-SPGG, 2021).

Já o sistema espacial de Pelotas, localizado na região Sul do estado, é composto pelos municípios de Pelotas, Capão do Leão, Arroio do Padre, Morro Redondo e Turuçu, formando uma área total de 3.018,05 km<sup>2</sup>, dos quais apenas 2,74%

são urbanizados. Pelotas é uma cidade média com 325.689 habitantes, classificada como capital regional C, que exerce influência sobre diversas pequenas cidades da metade sul do estado. Os demais municípios do sistema somam 38.551 habitantes. A história de Pelotas remonta ao século XVIII, com a chegada de colonos portugueses e refugiados da invasão espanhola de Rio Grande (1763), que fundaram o primeiro povoado. Em 1780, a instalação da primeira charqueada por João José Pinto Martins impulsionou a economia regional, tornando Pelotas um importante centro de produção de charque no século XIX. Capão do Leão, emancipado em 1982, se originou da mineração e da instalação ferroviária. Morro Redondo foi colonizado por portugueses e imigrantes europeus, tornando-se município em 1988. Turuçu, com base em atividades de curtume e calçados, se emancipou em 1995, e Arroio do Padre, originado pela migração pomerana, se tornou município em 1996 (IBGE, 2022f, 2022b, 2022e, 2022i, 2022a).

Do ponto de vista geomorfológico, o território de Pelotas é caracterizado pela Planície Costeira e pelo Escudo Sul-Rio-Grandense, com campos planos, lagoas e áreas agrícolas, além de vegetação nativa e unidades de conservação ambiental. As bacias hidrográficas do sistema incluem a Mirim-São Gonçalo e Camaquã, com conexão ao sistema costeiro-marinho por meio da Lagoa dos Patos e do Canal São Gonçalo, que influenciam o uso do solo e a ocupação da região. A infraestrutura é robusta, com importantes rodovias como BR-116, BR-392, BR-293 e BR-471, além de um aeroporto internacional, ramal ferroviário ativo e acesso ao porto de Rio Grande. Pelotas é sede da Universidade Federal de Pelotas e serve como centro regional de serviços e comércio, integrando uma Aglomeração Urbana com Rio Grande e São José do Norte (RS-SPGG, 2021). Em termos socioeconômicos, a cidade apresenta economia baseada principalmente no setor de serviços, enquanto os municípios vizinhos dependem da agropecuária. A região enfrenta desafios como a estagnação demográfica, mas Pelotas continua a desempenhar um papel estratégico no Sul do Brasil devido à sua posição logística e ao seu patrimônio cultural, científico e ambiental (IBGE, 2022f, 2022b, 2022e, 2022i, 2022a).

A modelagem configuracional baseou-se na descrição axial, uma técnica amplamente utilizada na sintaxe espacial. Os dados das variáveis configuracionais (Quadro 1) foram extraídos de modelos representativos de sistemas espaciais, conhecidos como mapas axiais, construídos manualmente em softwares de CAD. Os mapas das malhas de 2022 foram desenhadas com base em imagens de satélite georreferenciadas do Bing Maps. Para os períodos anteriores, as bases cartográficas analógicas foram digitalizadas e georreferenciadas no QGIS e sobrepostas ao mapa axial de 2022. Linhas axiais inexistentes em cada período foram excluídas, garantindo a compatibilidade entre os mapas. Após a elaboração, os mapas foram processados diretamente no QGIS, obtendo-se os dados da análise.

**Quadro 1:** Variáveis morfológicas utilizadas na análise de malhas viárias.

Tamanho	Número de linhas axiais inicial	Total de linhas axiais presentes no sistema em seu estado inicial; mede o tamanho absoluto da malha.	Hillier e Hanson (1984)
	Número de linhas axiais adicionais	Diferença entre o número de linhas axiais do sistema em dois momentos distintos; indica expansão morfológica.	Os autores
	Taxa de crescimento total	Percentual de crescimento da malha viária no período analisado, calculado pela proporção entre novas linhas e o número inicial.	
	Taxa de crescimento geométrico	Crescimento percentual anual composto da malha viária, considerando o intervalo de tempo entre os estados comparados.	
Geometria	Traçado predominante	Classificação qualitativa da malha como regular ou deformada, conforme o grau de alinhamento, continuidade e variação geométrica dos espaços.	Hillier e Hanson (1984); Hillier <i>et al.</i> (1993)
Compacidade	Densidade axial discreta (DAD)	Razão entre o número de linhas axiais e a área do sistema (em $\text{km}^2$ ); expressa a quantidade de linhas por unidade de área.	Adaptado de Medeiros; Holanda e Trigueiro (2003)
	Densidade axial contínua (DAC)	Razão entre o comprimento total das linhas axiais (em km) e a área do sistema; expressa a extensão linear da malha.	
Configuração espacial	Integração $R_n$ ( $T_k$ ) média <sup>6</sup>	Mede a acessibilidade média dos espaços do sistema com base na profundidade topológica	Teklenburg; Timmermans e Van

<sup>6</sup>Os valores de integração podem ser influenciados pelo tamanho do sistema (número de linhas axiais), o que gera vieses na comparação entre malhas de escalas muito distintas. A normalização proposta por Hillier e Hanson (1984), conhecida como integração HH, é eficaz para sistemas de tamanho semelhante, mas ainda sensível à variação de escala. Para contornar essa limitação, Teklenburg, Timmermans e Van

		entre linhas; reflete o grau de fragmentação.	Van Wagenberg (1993)
	Padrões do núcleo de integração	Identificação das 10% linhas mais integradas do sistema, revelando áreas com maior potencial de interface social.	Hillier (1988)
	Força do núcleo de integração	Razão entre a média de integração do núcleo e a média da malha; indica o destaque do centro sintático em relação ao todo.	Adaptado de Peponis <i>et al.</i> (1989)
	Escolha Rn média	Mede o potencial de uma linha axial ser parte dos caminhos mais curtos da malha; relacionada ao movimento de passagem.	Hillier <i>et al.</i> (1987)
	Padrões do núcleo de escolha	Conjunto das 20% linhas com maiores valores de escolha; identifica centralidades viárias de fluxo potencial elevado.	Adaptado de Ugalde (2013)
	Ramificação	Correlação entre comprimento e conectividade das linhas; indica se as linhas longas são também bem conectadas, indicando consolidação da malha.	Adaptado de Hillier (2002)
	Inteligibilidade	Correlação entre integração global e conectividade; expressa a legibilidade do sistema para quem o percorre.	Adaptado de Hillier <i>et al.</i> (1987)
Resiliência espacial	Conectividade média	Média de conexões diretas entre as linhas axiais; reflete o grau de seu relacionamento com os espaços vizinhos.	Cutini (2013)
	Distribuição da escolha	Mede a concentração dos caminhos mais curtos do sistema sobre as linhas axiais; alta concentração indica vulnerabilidade.	
	Sinergia	Correlação entre integração local e global; avalia a coerência das escalas de movimento no sistema.	
	Índice de resiliência	Índice composto que relaciona conectividade média, sinergia e distribuição da escolha; permite comparação direta da resiliência entre malhas.	Os autores, com base em Cutini (2013)

**Fonte:** autores.

A malha viária, um dos principais componentes da forma urbana, desempenha papel fundamental na organização dos fluxos urbanos. Pode ser tratada como um sistema espacial: seus elementos são edificações (barreiras) e espaços públicos livres (permeabilidades), que, quando conectados, estabelecem fluxos de

Wagenberg (1993) propuseram a integração Tk, menos dependente do tamanho do sistema e mais adequada para comparações entre diferentes áreas urbanas, quando se utiliza a modelagem axial.

pessoas, mercadorias e informações. A análise configuracional da malha busca compreender o sistema urbano como um conjunto de espaços interligados, cujas relações locais influenciam o comportamento global. A sintaxe espacial fundamenta essa análise: sua ideia central é que diferentes formas e níveis de conexão entre espaços públicos produzem estruturas de movimento e interação social distintas — mais ou menos integradas — com consequências para o funcionamento da cidade (Hillier; Hanson, 1984).

#### 4. Metodologia

O crescimento dos sistemas espaciais de Santa Maria e Pelotas revela diferentes padrões e ritmos ao longo do tempo, o que pode ser analisado por meio da variação percentual das medidas sintáticas que expressam as transformações da configuração da malha viária, sintetizadas no Quadro 2.

**Quadro 2:** Síntese das características morfológicas evolutivas das malhas.

Aspecto	Variável	Sistema espacial / Ano					
		Santa Maria			Pelotas		
		1939	1975	2022	1939	1975	2022
Tamanho	Número de linhas axiais inicial	5.501	9.107	14.467	5.998	11.047	17.253
	Número de linhas axiais adicionais (ao final do período)	3.606		5.360	5.049		6.206
	Taxa de crescimento total do número de linhas (ao final do período)	66%		59%	84%		56%
	Taxa de crescimento geométrico do número de linhas (ao ano)	1,41%		0,99%	1,71%		0,95%
Geometria	Traçado predominante	Grelha					
Compacidade	Densidade axial discreta (nº de linhas axiais/área do sistema em km <sup>2</sup> )	1,65	2,72	4,33	1,99	3,66	5,72
	Densidade axial contínua (comprimento total em km de linhas axiais/área do sistema em km <sup>2</sup> )	0,42	0,68	0,99	0,46	0,83	1,22

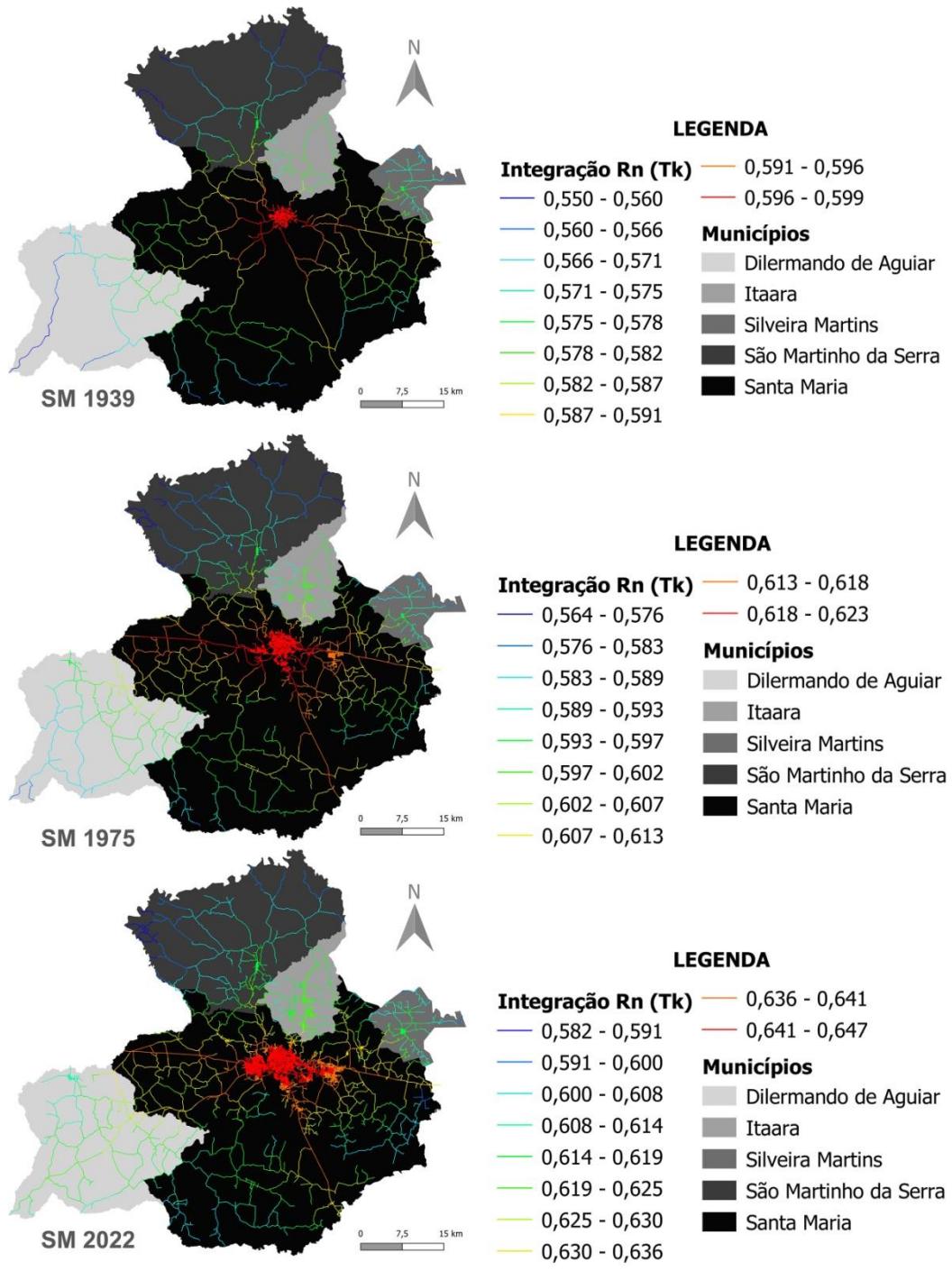
Configuração espacial	Integração Rn (Tk)	mínimo	0,550	0,564	0,581	0,564	0,587	0,597
		média	0,578	0,601	0,625	0,585	0,614	0,632
		máximo	0,599	0,623	0,646	0,599	0,633	0,651
	Padrões do núcleo de integração Rn (Tk)	Centralizado			Penetrante	Periférico		
	Força do núcleo de integração Rn (Tk)	1,034	1,033		1,029	1,021	1,027	
	Padrões do núcleo de escolha Rn	Periférico		Centralizado		Periférico	Centralizado	
	Ramificação	0,34	0,39		0,45	0,49	0,45	
	Inteligibilidade	0,26	0,32		0,34	0,20	0,26	
	Resiliência espacial	Conectividade média	2,20	2,40		2,60	2,20	2,40
		Distribuição da escolha Rn	0,72	0,69		0,62	0,62	0,69
		Sinergia	0,34	0,42		0,50	0,31	0,41
		Índice de Resiliência	1,04	1,45		2,10	1,11	1,41
Fonte: autores.								

Santa Maria apresentou uma evolução que foi, inicialmente, concentrada na sede do município, com um crescimento lento e regular até 1939. Durante esse período, a expansão foi restrita à grelha original, com apenas São Martinho da Serra e Silveira Martins apresentando grelhas isoladas, enquanto o restante do município era formado por caminhos rurais desconectados. A partir de 1939, com a progressão das futuras rodovias BR-392, BR-287 e ERS-509, a cidade passou a expandir-se com loteamentos de malha regular, rompendo a compactade da malha original. Essa expansão acelerou-se especialmente no final dos anos 1950, quando a cidade passou a se estender pela zona leste.

Em termos de variáveis sintáticas, entre 1939 e 1975, as densidades axiais discrete e contínua aumentaram em 66%, refletindo um crescimento da malha de 1,41% ao ano. A partir de 1975, o crescimento continuou, mas o ritmo desacelerou para 0,99% ao ano (59% até 2022), com a cidade expandindo principalmente pelo preenchimento de vazios urbanos. A partir desse período, a cidade assumiu uma forma mais linear, com a região sul também se destacando. Em termos de conectividade e integração, a cidade apresentou aumentos contínuos. A integração Rn (Tk) média subiu

3,97% entre 1939 e 1975 e 3,99% entre 1975 e 2022 (Figura 2). Isto significa que a cidade, ao crescer, foi capaz de reforçar a acessibilidade geral do sistema.

**Figura 2:** Evolução da integração Rn (Tk) (1939-2022) em Santa Maria.



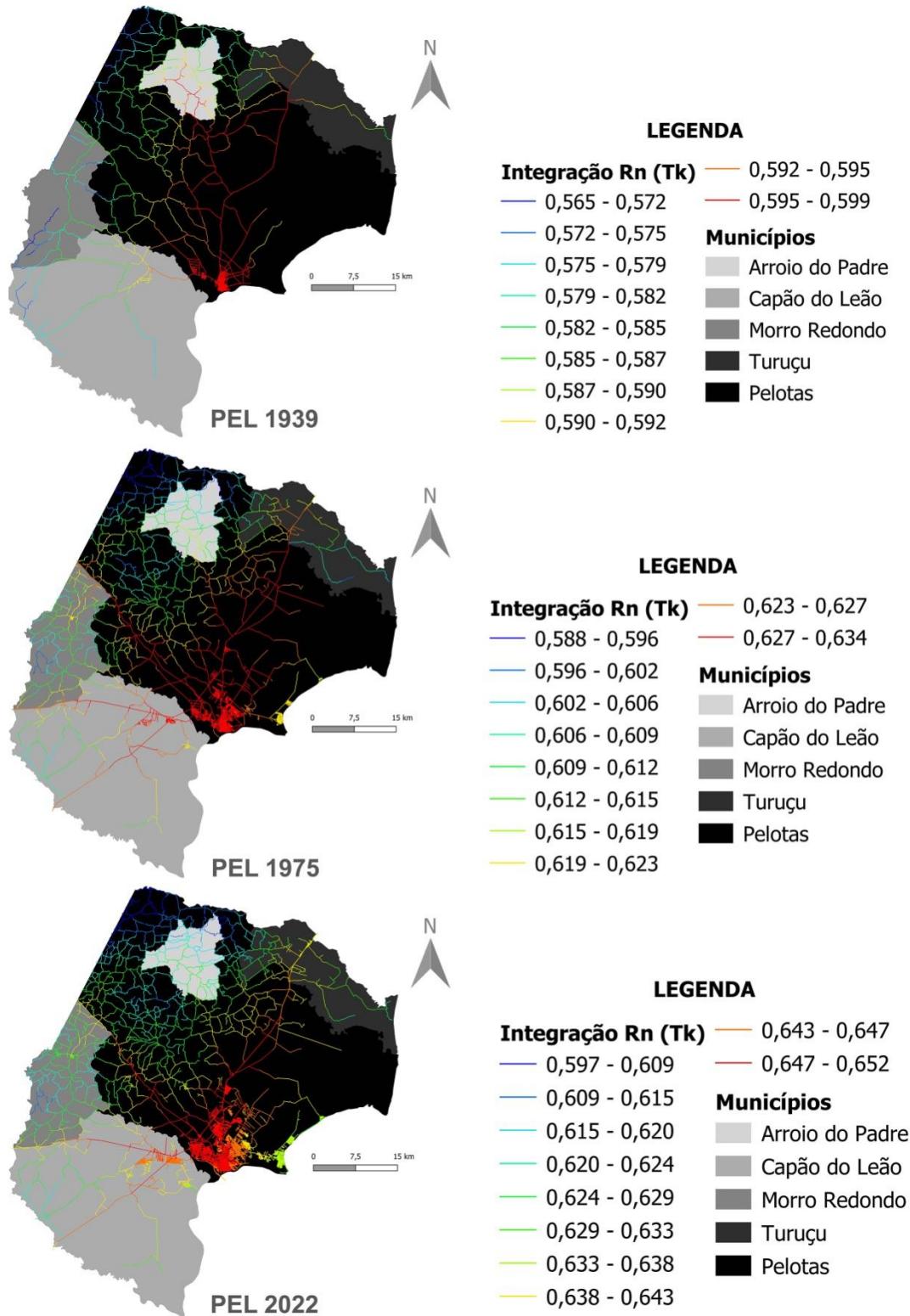
**Fonte:** autores.

As variáveis de ramificação e inteligibilidade também se destacam: a ramificação aumentou consideravelmente em 14,7% de 1939 a 1975 e 15,3% de 1975 a 2022, refletindo um aumento da consolidação das vias. A inteligibilidade, por sua vez, cresceu 23% de 1939 a 1975 e 6,25% de 1975 a 2022, indicando uma maior clareza na estrutura da cidade ao longo do tempo. O índice de resiliência aumentou 39,4% entre 1939 e 1975, mas o crescimento mais expressivo ocorreu entre 1975 e 2022, com uma elevação de 44,8%. Isto se reflete na redução da fragilidade estrutural da malha da cidade, já que as modificações apresentadas vão tornando mais robustas as capacidades de absorção de mudanças.

Pelotas, por sua vez, apresentou um crescimento distinto. O núcleo histórico cresceu principalmente ao sul até o canal São Gonçalo e, mais tarde, para o norte. Durante o período de 1939 a 1975, Pelotas ocupou vários vazios urbanos e se expandiu ao longo da Lagoa dos Patos. A cidade também foi fortemente influenciada pela implantação das rodovias BR-116, BR-293, BR-471 e BR-392. Capão do Leão se desenvolveu com a instalação da UFPel (em 1950), enquanto a área urbana de Morro Redondo se consolidou, embora de forma mais modesta. De 1975 a 2022, Pelotas manteve um crescimento gradual ao longo das avenidas principais, mas os loteamentos fechados começaram a tomar força na zona leste, e a área de Fragata expandiu-se rumo a Capão do Leão, que se tornou uma cidade-dormitório.

Em termos de variáveis sintáticas, Pelotas experimentou um aumento nas linhas axiais, com um crescimento de 84% de 1939 a 1975, seguido de um crescimento mais modesto de 56% entre 1975 e 2022. A densidade axial discreta e contínua aumentaram, com uma variação de 80% de 1939 a 1975 e 47% de 1975 a 2022. A integração  $R_n$  ( $T_k$ ) média também aumentou, com um crescimento de 4,95% entre 1939 e 1975 e 2,93% entre 1975 e 2022 (Figura 3). A ramificação, que é uma variável importante para a consolidação da malha, teve um aumento de 8,1% de 1939 a 1975, mas foi seguida por uma diminuição de 13,3% de 1975 a 2022. A inteligibilidade, por outro lado, apresentou um aumento de 30% entre 1939 e 1975 e um crescimento mais moderado de 15,38% entre 1975 e 2022.

**Figura 3:** Evolução da integração Rn (Tk) (1939-2022) em Pelotas.



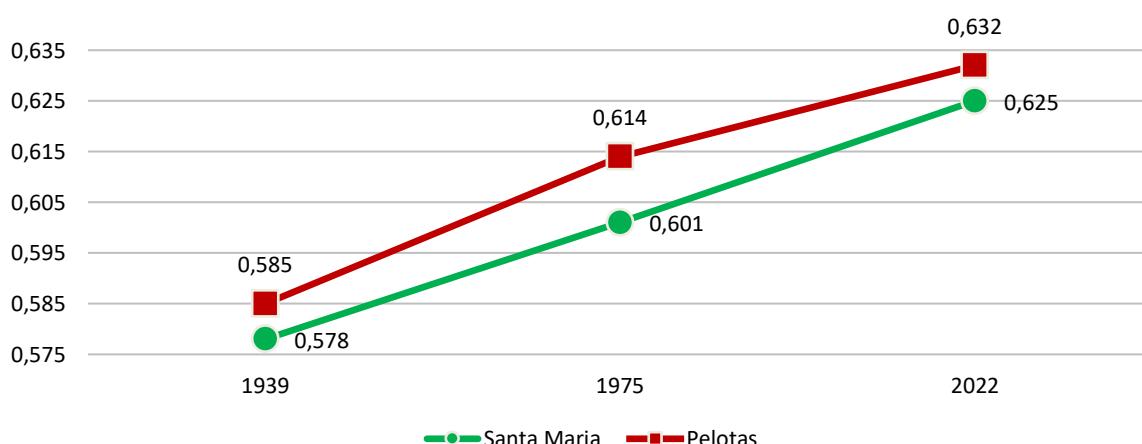
**Fonte:** autores.

O índice de resiliência também cresceu de forma expressiva, com um aumento de 27% de 1939 a 1975 e 53,19% de 1975 a 2022. Tal como em Santa Maria, esse processo em Pelotas implica um aumento da robustez estrutural da malha, evidenciando uma crescente capacidade de adaptação às mudanças.

Comparando Santa Maria e Pelotas, observam-se semelhanças e diferenças no crescimento urbano. Pelotas sempre foi um sistema maior que Santa Maria. Em 1939, a diferença era de 9%, ampliada pelo crescimento desigual (21% em 1975 e 19% em 2022). O crescimento de ambas foi maior entre 1939-1975 do que entre 1975-2022: no primeiro período, Pelotas cresceu 0,30% ao ano a mais; no segundo, Santa Maria ultrapassou-a, mas por apenas 0,05% ao ano. Quanto à compacidade, Pelotas manteve-se mais densa, com área 11% menor e maior densidade.

Os padrões de integração também divergem. A integração  $R_n$  ( $T_k$ ) média foi sempre maior em Pelotas - graças à grande extensão de malha em grelha - sobretudo em 1975 (1,99% a mais), diferença reduzida a 1,12% em 2022 (Figura 4). Em Santa Maria, o núcleo de integração global permaneceu no centro histórico, mantendo importância sintática concentrada (núcleo centralizado). Já em Pelotas, cuja sede foi implantada na periferia, o núcleo expandiu-se para o entorno imediato e até municípios vizinhos (núcleo periférico).

**Figura 4:** Evolução da integração  $R_n$  ( $T_k$ ) média em Santa Maria e Pelotas.



**Fonte:** autores.

Nos três anos, a força do núcleo foi maior em Santa Maria, diferença que caiu de 1,27% (1939) para 0,29% (2022). Esse destaque derivava da fragmentação periférica, que mantinha a integração no centro geométrico, diferentemente de Pelotas. Os núcleos de escolha seguiram padrões semelhantes: em Santa Maria, o fluxo de passagem concentrou-se no interior urbanizado; em Pelotas, deslocou-se para zonas de expansão e áreas rurais.

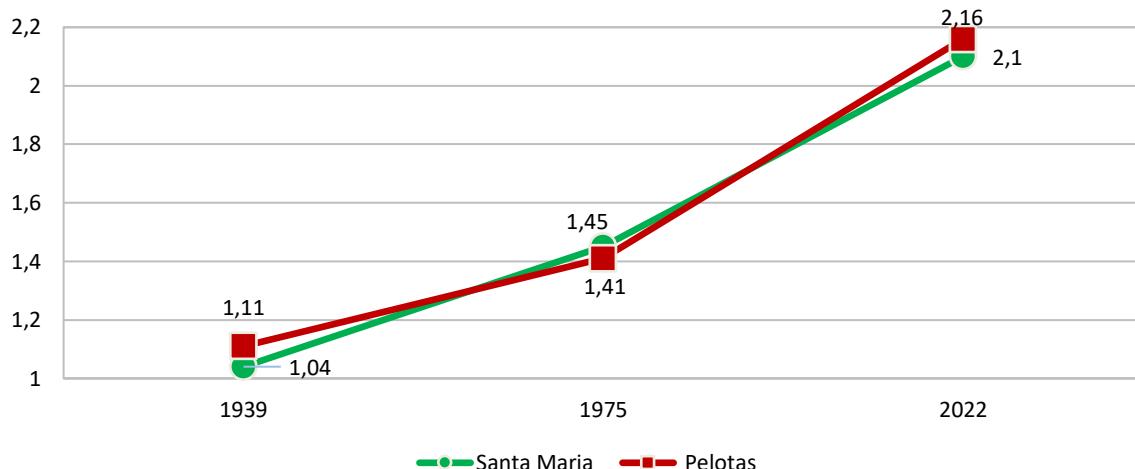
Na análise, foram considerados os antigos distritos posteriormente emancipados. Observou-se, contudo, que essas áreas não exercem impacto relevante na configuração dos sistemas nas escalas avaliadas devido ao seu porte reduzido e ao fraco entrelaçamento com a sede dos municípios-mãe, frequentemente mediado por trechos pouco ramificados, como estradas rurais, apesar das malhas regulares em alguns casos. Capão do Leão, no entorno de Pelotas, é o único caso em que se verifica uma conurbação funcional com a sede, mas ainda sem configurar continuidade espacial efetiva. Esses padrões reforçam a condição de segregação configuracional dos antigos distritos, que, embora politicamente desvinculados, permanecem estruturalmente subordinados aos núcleos principais.

A ramificação foi sempre maior em Pelotas, embora essa diferença tenha diminuído de 44% (1939) para 13% (2022). A inteligibilidade foi sempre maior em Santa Maria, pois seu núcleo abrangia a malha conectada do centro histórico, enquanto em Pelotas era formado por trechos de rodovias pouco conectadas localmente. Essa diferença caiu de 36,8% (1939) para 17,2% (2022).

Quanto à resiliência, medida por conectividade, escolha e sinergia, ambos os sistemas cresceram. A conectividade era equivalente até 1975, mas em 2022 Pelotas superou Santa Maria em 3,8% (índice de 2,70). A distribuição da escolha, 16% mais difusa em Pelotas em 1939, inverteu-se em 2022, quando Santa Maria tornou-se 8% mais resiliente. A sinergia foi maior em Santa Maria até 1975 (9,67% e 6,5% a mais, respectivamente), pois seus núcleos de integração global e local coincidiam, ao contrário de Pelotas, onde as rodovias detinham somente importância global. Esse padrão reverteu-se em 2022, quando Pelotas foi 7,35% mais sinérgica. De forma geral,

ambos municípios aumentaram sua resiliência, tendo Pelotas um índice de resiliência superior em todos os anos, exceto 1975 (Figura 5). Embora essa diferença de resiliência tenha sido de 6,73% em 1939, ela foi reduzida para 2,83% (1975) e 2,85% (2022).

**Figura 5:** Evolução do índice de resiliência em Santa Maria e Pelotas.



**Fonte:** autores.

Esses resultados indicam que a resiliência espacial pode não ser afetada apenas pela fragmentação da malha em si, como é pressuposto, mas pelo modo como essa fragmentação atua frente à configuração primária da cidade. Importa destacar que os casos analisados não correspondem a situações extremas de fragmentação: Santa Maria e Pelotas nasceram de traçados regulares, orientados por uma cultura urbanística que favorecia acessibilidade e encontro nos núcleos centrais. Em termos configuracionais, isso significa que já dispunham de uma ‘reserva de resiliência’ assegurada por seus centros históricos, o que pode explicar a manutenção ou até o incremento de desempenho mesmo em cenários fragmentados. Essa interpretação converge com Rigatti (2002, 2016), para quem a morfologia inicial dos assentamentos exerce papel determinante sobre suas trajetórias evolutivas. Caso se tratasse de malhas mais próximas a uma estrutura do tipo árvore, em vez de grelha, é provável que os efeitos negativos da fragmentação sobre a resiliência fossem mais visíveis.

Ainda assim, a análise evolutiva comparativa mostra que as diferenças de desempenho entre as cidades não são irrelevantes: elas evidenciam como decisões de traçado e de acoplamento das novas inserções afetam a robustez espacial do sistema.

## 5. Considerações finais

Esta pesquisa teve como objetivo compreender como a fragmentação do crescimento urbano afeta a configuração da malha viária e suas implicações para a resiliência espacial, por meio de uma análise comparativa entre Santa Maria e Pelotas, no Rio Grande do Sul. A metodologia adotada, ancorada na sintaxe espacial, possibilitou modelar e interpretar a evolução das malhas, articulando aspectos morfológicos, configuracionais e temporais. A análise revelou padrões comuns e distintos: ambos partiram de um modelo de grelha regular, expandindo-se inicialmente de forma contínua, até que obstáculos naturais e decisões de traçado estimularam fragmentações. Estas não geraram apenas vazios urbanos, mas também quebras de continuidade morfológica e conectividade. Com o tempo, alternaram-se ciclos de expansão, formação de vazios e preenchimento descontínuo, configurando especificidades em cada sistema.

Apesar de certas semelhanças estruturais, os sistemas seguiram trajetórias distintas. Pelotas apresentou, ao longo da série histórica, maior número de linhas, compacidade, ramificação e integração  $R_n$  (Tk) média. Esse desempenho quantitativo, porém, não se refletiu igualmente em indicadores qualitativos, como inteligibilidade e sinergia. Santa Maria, com núcleo de integração mais concentrado no centro histórico, manteve níveis mais altos dessas propriedades, em parte pela continuidade da malha central. Em Pelotas, a dispersão da integração global em áreas periféricas e trechos menos conectados localmente reduziu esses índices, enfraquecendo a importância sintática de seu núcleo histórico. A urbanidade foi favorecida, sobretudo nas regiões densificadas, especialmente nas sedes urbanas. A crescente complexidade dos sistemas resultou em maior resiliência espacial, sem eliminar, contudo, os efeitos negativos da fragmentação. Embora ambos tenham aumentado sua resiliência ao

longo do tempo, os padrões de crescimento adotados limitaram o alcance de níveis mais altos de integração global, inteligibilidade e desempenho sintático.

O índice de resiliência mostrou-se ferramenta promissora para mensurar os efeitos da fragmentação sobre a robustez da configuração. Embora Pelotas tenha apresentado melhores índices na maior parte do período, reforça-se que a qualidade morfológica do crescimento urbano tem impactos duradouros. Não apenas o volume, mas também a forma, a estrutura e a relação com a malha existente são decisivos para a construção de sistemas urbanos mais coesos. Em síntese, a pesquisa evidencia que o crescimento fragmentado não é necessariamente sinônimo de perda configuracional; porém, quando mal acoplado às estruturas preexistentes, tende a comprometer conectividade local, inteligibilidade e eficiência da malha. Esse resultado deve ser interpretado à luz das condições morfológicas de origem: os núcleos centrais planejados em traçados regulares funcionam como uma 'reserva de resiliência' que amortece impactos das expansões fragmentadas. Em contextos cujas malhas iniciais são mais próximas a estruturas em árvore, a fragmentação teria maior probabilidade de comprometer o desempenho. Assim, a resiliência espacial não é uma qualidade uniforme, mas dependente da herança morfológica e das escolhas de traçado subsequentes.

Cabe ponderar, entretanto, que a opção metodológica de considerar todo o território municipal como unidade de análise traz limitações. A inclusão das malhas rurais, pouco conectadas aos centros urbanos, pode distorcer métricas, já que esses espaços se estruturam mais em função do acesso a propriedades do que da lógica urbana voltada à mobilidade e interação social. Isso aproxima tais redes da lógica rural, e não da morfologia urbana para a qual a sintaxe espacial foi concebida. Nesse sentido, embora a análise dos distritos contribua para compreender segregação e subordinação, seus resultados devem ser lidos com cautela. Pesquisas futuras podem se beneficiar de recortes restritos às áreas urbanas e rurbanas, onde a teoria tende a se aplicar de forma mais coerente.

Em conclusão, a análise mostrou que a fragmentação não gera, nesses casos, perdas radicais de desempenho, mas sugere que formas de expansão mais bem acopladas poderiam ter produzido maior eficiência configuracional. Reconhecer a ‘reserva de resiliência’ histórica ajuda a avançar em direção a uma leitura crítica, que considera simultaneamente forma, adaptação e transformação futura das malhas urbanas. Reforça-se, assim, a importância de estratégias de planejamento que priorizem continuidade espacial e integração multiescalar — princípios fundamentais para fortalecer a resiliência urbana e construir cidades mais acessíveis, legíveis e sustentáveis.

## Referências

ABSHIRINI, Ehsan; KOCH, Daniel. Resilience, Space Syntax and Spatial Interfaces: the case of River cities. **Journal of Faculty of Architecture**, [s. l.], v. 14, p. 25–41, 2017.

BELTRÃO, Romeu. **Cronologia histórica de Santa Maria e do extinto município de São Martinho: 1787-1930**. 3. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2013.

CARPENTER, Ann. Disaster resilience and the social fabric of space. In: **Proceedings of the Ninth International Space Syntax Symposium**. Seoul: Sejong University, 2013.

CUTINI, Valerio. Conurbations and resilience. When growth makes us fragile. **Journal of Land Use, Mobility and Environment**, [s. l.], v. 10, n. 1 SE-Focus, 2017. Disponível em: <http://www.serena.unina.it/index.php/tema/article/view/5068>.

CUTINI, Valerio. The city, when it trembles: Earthquake destructions, post-earthquake reconstructions and grid configuration. In: **Proceedings of the 9th International Space Syntax Symposium**. Seoul: 2013. p. 102.1-102.17.

DI PINTO, Valerio; CUTINI, Valerio. **On the slopes of Vesuvius**. Configuration as a thread between hazard and opportunity. In: **Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium**. London: 2015. p. 1-13

DI PINTO, Valerio; ESPOSITO, Angela. Calm after the storm: The configurational approach to manage flood risk in river-cities. In: **Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium**. London: 2015. p. 70-1-70.16.

DOVEY, Kim; PAFKA, Elek. What is functional mix? An assemblage approach. **Planning Theory and Practice**, [s. l.], v. 18, p. 249–267, 2017.

GEREMIA, Alessandro. **Efeitos na malha urbana ocasionados pela duplicação de rovadias: análise da resiliência urbana sob a perspectiva da sintaxe espacial**. 2018. 164 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

HILLIER, Bill. A theory of the city as object: or, how spatial laws mediate the social construction of urban space. **URBAN DESIGN International**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 153–179, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1057/palgrave.udi.9000082>.

HILLIER, Bill. Against enclosure. In: TEYMUR, Necdet; MARKUS, Thomas A; WOOLLEY, Tom (org.). **Rehumanizing Housing**. London: Butterworth-Heinemann, 1988. p. 63–88.

HILLIER, Bill et al. Creating Life: Or, Does Architecture Determine Anything? **Architecture et Comportement/Architecture and Behaviour**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 233–250, 1987.

HILLIER, Bill et al. Natural Movement: Or, Configuration and Attraction in Urban Pedestrian Movement. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 20, p. 29–66, 1993.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. **The social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

HOLANDA, Frederico de et al. A configuração da Área Metropolitana de Brasília. In: RIBEIRO, Rômulo José da Costa; TENORIO, Gabriela de Souza; HOLANDA, Frederico de (org.). **Brasília: transformações na ordem urbana**. Rio de Janeiro: Letra Capital Editora LTDA, 2015. p. 64–97.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades - Arroio do Padre**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/arroio-do-padre>. Acesso em: 7 abr. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades - Capão do Leão**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/capao-do-leao/>. Acesso em: 6 abr. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades -**

**Dilermando de Aguiar.** [S. I.], 2022. Disponível em:  
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/dilermando-de-aguiar>. Acesso em: 8 abr. 2022.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades - Itaara.** [S. I.], 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/itaara/>. Acesso em: 3 abr. 2022.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades - Morro Redondo.** [S. I.], 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/morro-redondo>. Acesso em: 7 abr. 2022.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades - Pelotas.** [S. I.], 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pelotas/>. Acesso em: 6 abr. 2022.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades - Santa Maria.** [S. I.], 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santa-maria/>. Acesso em: 1 maio 2025.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades - São Martinho da Serra.** [S. I.], 2022. Disponível em:  
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/sao-martinho-da-serra>. Acesso em: 4 abr. 2022.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades - Silveira Martins.** [S. I.], 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/silveira-martins/>. Acesso em: 8 abr. 2022.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades - Turuçu.** [S. I.], 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/turuçu>. Acesso em: 8 abr. 2022.

KOCH, Daniel; CARRANZA, Pablo Miranda. Syntactic Resilience. In: **Proceedings of the 9th International Space Syntax Symposium**. Seoul: 2013. p. 054.1-0.54-16.

MEDEIROS, Valério Augusto Soares de; HOLANDA, Frederico de. Da colcha de retalhos ao espaço de fragmentação: a perspectiva configuracional em cidades brasileiras. In: ENANPUR, 12., 2007, Belém. **Anais do XII Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional**. Belém: [s. n.], 2007.

MEDEIROS, Valério Augusto Soares de; HOLANDA, Frederico de; TRIGUEIRO, Edja

Bezerra Faria. From compact colonial villages to sparse metropolis: Investigating grid integration, compactness and form of the integration core in Brazilian cities. In: **Proceedings of the 4th International Space Syntax Symposium**. London: [s. n.], 2003. p. 12.1-12.16.

NEL, Darren Henry. **Morphologies of resilience**: towards an approach to the study of urban spatial resilience. 2022. 848 f. Thesis (PhD - School of Design) - The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, 2022.

PEPONIS, John et al. The spatial core of urban culture. **Ekistics**, [s. l.], v. 56, n. 334–335, p. 43–55, 1989.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS. **Pelotas pelo tempo**. Pelotas, 2022. Disponível em: <https://www.pelotas.com.br/cidade/historia>. Acesso em: 5 abr. 2022.

RIGATTI, Décio. Grandes eventos e a mobilidade urbana: o caso de Porto Alegre e a Copa do Mundo de 2014. **Arquitetura Revista**, [s. l.], v. 12, n. 1 SE-Artigos, p. 2–10, 2016. Disponível em:

<http://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/view/arg.2016.121.01>.

RIGATTI, Décio. Loteamentos, expansão e estrutura urbana. **Paisagem e Ambiente**, [s. l.], v. 1, n. 15, p. 35, 2002. Disponível em:  
<http://www.revistas.usp.br/paam/article/view/40195>. Acesso em: 11 out. 2020.

RS-SPGG - RIO GRANDE DO SUL - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. 6. ed. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2021. Disponível em:  
<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/aglomeracoes-urbanas>.

TEKLENBURG, J A F; TIMMERMANS, H J P; VAN WAGENBERG, A F. Space Syntax: Standardised Integration Measures and Some Simulations. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 347–357, 1993. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1068/b200347>.

UGALDE, Cláudio Mainieri de. **Movimento e hierarquia espacial na conurbação: o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre**. 2013. 473 p. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.