

**MODELO DE MENSURAÇÃO DE CIDADES SAUDÁVEIS SUSTENTÁVEIS E SEUS EFEITOS  
NOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**STEPHANE LOUISE BOCA SANTA**  
UFSC UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**THIAGO COELHO SOARES**  
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA - UNISUL

**RODOLFO SANTA MARIA DE SOUZA E SILVA**  
UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA - UNISUL

**JOSÉ BALTAZAR SALGUEIRINHO OSÓRIO DE ANDRADE GUERRA**

# **MODELO DE MENSURAÇÃO DE CIDADES SAUDÁVEIS SUSTENTÁVEIS E SEUS EFEITOS NOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

## **1 INTRODUÇÃO**

Sustentabilidade é um termo amplo e representa um fim, uma empresa ou uma cidade é ou não é sustentável. Entretanto, o que é ser sustentável? Utilizar os recursos da natureza de maneira consciente, para construir, fabricar, morar, obter lucro, sem comprometer a disponibilidade destes recursos para gerações futuras (Brundtland, 1987). Uma definição bem difundida, mas, como fazer isto? Ser totalmente sustentável é uma tarefa difícil para empresas e para pessoas, por isso, muitos adotam ações relacionadas à sustentabilidade utilizando Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) com o auxílio de indicadores.

Com o objetivo de direcionar os estados ao redor do mundo para alcançar o objetivo de tornar o planeta mais sustentável para as futuras gerações, a Organização das Nações Unidas (ONU), com 192 países, criaram os chamados Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os ODS compõem 17 metas - as quais totalizam em 169 indicadores - que abrangem vários fatores de desenvolvimento social e econômico como pobreza, educação, saúde, meio ambiente, entre outros. Dentre os ODS, destaca-se para esta pesquisa o objetivo 11, UN (2020): “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”.

## **2 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO**

Para alcançar o desenvolvimento sustentável deve haver na cidade um planejamento com vistas para este fim, pois, as decisões de planejamento afetam as populações urbanas, seja em questão de saúde, segurança, bem-estar. A localização residencial, por exemplo, afeta a desigualdade social, a mobilidade e até mesmo a mortalidade (Giles-Corti, Lowe, & Arundel, 2019). Entretanto, é relevante ressaltar que segundo Yang et al. (2019), o planejamento para uma cidade sustentável deve levar em consideração os recursos e as condições de cada cidade, pois, diferentes regiões devem tomar medidas apropriadas para cada realidade. Por isso, adaptar os indicadores para cada realidade e averiguar as necessidades da população são decisões assertivas.

Com base neste contexto, tem-se como objetivo nesta pesquisa verificar quais indicadores de sustentabilidade compõe um modelo de mensuração de cidades saudáveis sustentáveis e seus impactos nos objetivos de desenvolvimento sustentável. Este trabalho apresenta ineditismo ao questionar a população da grande Florianópolis sobre indicadores de cidades saudáveis e sustentáveis, abrangendo ainda, os ODSs. O trabalho apresenta contribuição metodológica ao elencar uma série de indicadores e subindicadores baseados na literatura e posteriormente, aplicar na população de uma determinada região. Ainda, a contribuição teórica ao elencar um arcabouço literário de artigos relevantes para a temática cidades saudáveis sustentáveis.

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Cidades sustentáveis são definidas como cidades que visam reduzir seus impactos ambientais, visando pelo bem social e o desenvolvimento da economia (El Ghorab & Shalaby, 2016). Embora em alguns casos haja predominância de alguma das três esferas (ambiental, social e econômico), o recomendável é que as três dimensões estejam presentes como prioridade da gestão (Nalini & Silva Neto, 2017).

Segundo Wang e Peng (2020), além dos padrões físicos quantificáveis, uma cidade precisa melhorar a qualidade de vida local, sendo percebida pelos residentes. Por isso, a importância em se ouvir os residentes. A Agenda 21 (1992) sugere uma vida saudável, assim, a Organização Mundial da Saúde (OMS) (1997) propôs o projeto Healthy City (HC), com o

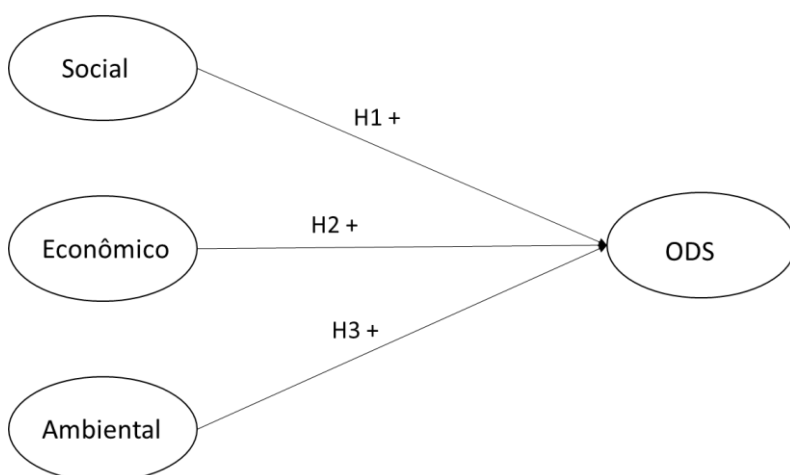
objetivo de promover o desenvolvimento urbano sustentável. Segundo a OMS (1998), uma cidade saudável visa criar e melhorar continuamente o ambiente físico e social, permitindo que as pessoas se apoiem a fim de desenvolver seu potencial.

Quanto a dimensões sociais nas cidades, conforme Jing e Wang (2020), a sustentabilidade do subsistema da sociedade pode ser considerada uma meta para o desenvolvimento sustentável. Afinal, a quantidade e a qualidade de vida da população, afetam a economia e o meio ambiente. De acordo com o apresentado, a primeira hipótese dessa pesquisa é H1 - Existe influência da dimensão social das cidades saudáveis sustentáveis, nos objetivos de desenvolvimento sustentável.

Quanto a dimensões econômicas nas cidades, os fatores econômicos influenciam no desenvolvimento sustentável da cidade quanto à inovação, crescimento econômico e políticas governamentais, tais como impostos e distribuição de renda. Os fatores econômicos podem confrontar com os sociais e ambientais, por exemplo, as questões relacionadas ao consumo e a preservação de recursos (Sokolov et al., 2019). De acordo com o apresentado, a segunda hipótese dessa pesquisa é H2 - Existe influência da dimensão econômica das cidades saudáveis sustentáveis, nos objetivos de desenvolvimento sustentável.

Quanto a dimensões ambientais nas cidades, a poluição ambiental inclui o ar, o solo e a água, onde diversos são os fatores que desencadeiam a poluição, tais como, superconcentração da população (que demandam infraestrutura, emprego, assistência) e as atividades econômicas. De acordo com o apresentado, a terceira hipótese dessa pesquisa é H3 - Existe influência da dimensão ambiental das cidades saudáveis sustentáveis, nos objetivos de desenvolvimento sustentável.

Assim, o framework desta pesquisa.



**Figura 1. Framework da Pesquisa**

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

## 4 METODOLOGIA

Para a construção do modelo, optou-se por uma revisão sistemática da literatura. Para o referencial teórico utilizam-se artigos coletados em bases de dados internacionais. Na seleção do portfólio, são usadas as seguintes palavras-chave: Cidades sustentáveis; Cidades verdes; Cidades Inteligentes, Desenvolvimento Sustentável em cidades e Cidades Saudáveis.

Assim, o banco de artigos é formado, então, o próximo passo é a filtragem (redundância, alinhamento, representatividade). Estes artigos selecionados serão a base para compor os indicadores e os subindicadores mais citados. Entretanto, outros artigos selecionados na base de dados irão compor esta pesquisa e embasar estes indicadores.

A pesquisa foi realizada com coleta de dados via survey através da ferramenta Google Forms e análise via estatística descritiva e técnica de modelagem de equação estrutural Partial Least Squares. Os procedimentos são quantitativos, pois, conforme Saunders, Lewis e Thornhill (2016), nesse tipo de pesquisa, a coleta de dados utiliza métodos padronizados e gera dados numéricos, que podem ser analisados através de gráficos e técnicas de estatística. Para os autores, a abordagem quantitativa possibilita a formulação de hipóteses, que podem ser testadas (contribuindo para o desenvolvimento da teoria) ou examinadas em pesquisas futuras.

O instrumento inicial passou por pré-teste. Em um primeiro momento, um grupo de especialistas (composto por pesquisadores, profissionais da área de sustentabilidade) revisaram o questionário inicial e forneceram feedback sobre a facilidade de compreensão do instrumento, consistência e adequação da sequência de itens, o que levou a algumas modificações pontuais.

A coleta de dados ocorreu entre os dias 27/06 e 18/08/2020, por meio online, via ferramenta Google Forms com divulgação em mídias sociais e envio por e-mail. Na análise dos dados, inicialmente ocorreu à verificação do preenchimento e da validação dos questionários recebidos. Um total de 75 questionários coletados e validados. Apesar da amostragem não probabilística, este pode ser considerado um grupo homogêneo, com pelo menos uma característica comum, moradores da grande Florianópolis, conforme recomendado por Flynn, Kakibara, Schroeder, Bates, e Flynn (1990) e Hourneaux Jr, Gabriel, Gallardo-Vázquez (2018).

Em seguida, os dados coletados foram inseridos em planilhas do software Excel e analisados por meio de estatística descritiva e a técnica de modelagem de equação estrutural de mínimos quadrados parciais (partial least square), com apoio do software SmartPLS, versão 3.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O modelo de cidade saudável sustentável é composto por 3 indicadores que representam as dimensões da sustentabilidade, são elas: (1) Dimensão social nas cidades; (2) Dimensão econômicas nas cidades; e (3) Dimensão ambiental nas cidades.

O Quadro 1, apresenta o mapa estratégico do Indicador Social contemplando a descrição do indicador e dos subindicadores, bem como, os autores que embasaram o indicador e os subindicadores.

**Quadro 1** – Mapa Estratégico do Indicador Social

1	Indicador	Indicador Social
	Descrição	Investimentos e valorização no bem estar social dos habitantes da cidade.
	Autores	He et al. (2020); Jing e Wang (2020); Li e Yi (2020); Rosales (2011); Yang et al. (2019); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Steiniger et al. (2020); Deng, Peng e Tang (2019); Anand, Rajkuma e Suganthi (2017); Sokolov et al. (2019); Brilhante e Klaas (2018); Giles-Corti, Lowe e Arundel (2019); Su et al. (2019); Silva (2019); El Ghorab e Shalaby (2016); Ruan, Yan e Wang (2020); Wang e Peng (2020)
1.1	Subindicador	Acesso ao mercado dos agricultores
	Descrição	Disponibilidade a compra de produtos agrícola.
	Autores	He et al. (2020)
1.2	Subindicador	Acesso à educação de alta qualidade
	Descrição	Escolas de alta qualidade disponíveis para a população.

Autores	Jing e Wang (2020); Li e Yi (2020); Rosales (2011); Yang et al. (2019); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Steiniger et al. (2020)
1.3   Subindicador	Acesso á habitação
Descrição	Habitação segura e de qualidade para a população.
Autores	Deng, Peng e Tang (2019); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000)
1.4   Subindicador	Área de assentamentos informais
Descrição	Áreas residenciais onde os moradores não tem posse da terra ou da moradia onde habitam.
Autores	Rosales (2011); Steiniger et al. (2020)
1.5   Subindicador	Defesa contra o impacto de desastres naturais e causados pelo homem
Descrição	Segurança em relação aos desastres naturais e climáticos e também desastres causados pelo homem, seja por irresponsabilidade ou violência.
Autores	Rosales (2011); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000)
1.6   Subindicador	Densidade populacional
Descrição	Distribuição e crescimento de uma população.
Autores	Anand, Rajkuma e Suganthi (2017); Jing e Wang (2020); Li e Yi (2020); Sokolov et al. (2019); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Brilhante e Klaas (2018); Giles-Corti, Lowe e Arundel (2019); Su et al. (2019); Silva (2019)
1.7   Subindicador	Equidade Social
Descrição	Um conjunto de práticas que visam eliminar a exclusão e desigualdade.
Autores	Anand, Rajkuma e Suganthi (2017); El Ghorab e Shalaby (2016); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Rosales (2011); Steiniger et al. (2020)
1.8   Subindicador	Estrutura de emprego
Descrição	Como os empregos estão estruturados na cidade.
Autores	Giles-Corti, Lowe e Arundel (2019); Anand, Rajkuma e Suganthi (2017); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000)
1.9   Subindicador	Expectativa de vida
Descrição	O número aproximado de anos de vida de um grupo de indivíduos nascidos no mesmo ano, desde que sejam mantidas as mesmas condições desde o nascimento.
Autores	Brilhante e Klaas (2018); Silva (2019)
1.10   Subindicador	Preservação da Identidade Cultural
Descrição	Preservação das práticas, conhecimentos e patrimônio cultural da população.
Autores	Rotmans, Asselt e Vellinga (2000)
1.11   Subindicador	Índice geral de preço ao consumidor
Descrição	Variação de preços de um conjunto de bens e serviços.
Autores	Jing e Wang (2020); Li E Yi (2020); Su et al. (2019); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000)
1.12   Subindicador	Infraestrutura de conhecimento
Descrição	Infraestrutura a disposição de serviços relacionados ao conhecimento.
Autores	Rotmans, Asselt e Vellinga (2000)

1.1 3	Subindicador	Escolaridade da população
Descrição		Tempo de permanência da população no período escolar.
Autores		Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Jing e Wang (2020); Li e Yi (2020); Rosales (2011); Yang et al. (2019); Su et al. (2019)
1.1 4	Subindicador	Nível de renda
Descrição		Quantidade recompensada a uma pessoa ou população pelos seus serviços.
Autores		Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Anand, Rajkuma e Suganthi (2017); Ruan, Yan e Wang (2020)
1.1 5	Subindicador	Projeto Comunitário
Descrição		Conjunto de práticas realizadas em prol de uma comunidade específica de uma população.
Autores		He et al. (2020)
1.1 6	Subindicador	Salário médio do pessoal empregado e dos trabalhadores
Descrição		Quantidade média do dinheiro recebido pelos trabalhadores e empregados de uma população com os seus serviços.
Autores		Li e Yi (2020)
1.1 7	Subindicador	Superlotação das famílias
Descrição		Famílias com moradias que não suportam devidamente o número de residentes nela.
Autores		Steiniger et al. (2020)
1.1 8	Subindicador	Taxa de Desemprego
Descrição		Quantidade de pessoas em uma população que se encontram sem empregos.
Autores		Rosales (2011); El Ghorab e Shalaby (2016); Li e Yi (2020); Ruan, Yan e Wang (2020); Yang et al. (2019); Brilhante e Klaas (2018); Su et al. (2019); Silva (2019)
1.1 9	Subindicador	Taxa de mortalidade infantil
Descrição		Percentual de mortes de crianças no primeiro ano de suas vidas.
Autores		Ruan, Yan e Wang (2020); Silva (2019)
1.2 0	Subindicador	Taxa de mortalidade por acidentes
Descrição		Percentual de mortes de pessoas por acidentes.
Autores		Ruan, Yan e Wang (2020); Silva (2019)
1.2 1	Subindicador	Taxa natural de crescimento da população
Descrição		Diferença entre os nascimentos e mortes.
Autores		Jing e Wang (2020); Li e Yi (2020); Brilhante e Klaas (2018); Silva (2019)
1.2 2	Subindicador	Vulnerabilidade urbana
Descrição		Área urbana em vulnerabilidade.

Autores		Rosales (2011); He et al. (2020)
1.2 3	Subindicador	Penetração total da Internet
Descrição		Percentual da população com acesso a internet.
Autores		Brilhante e Klaas (2018); Steiniger et al. (2020)
1.2 4	Subindicador	Assistência de serviços municipais
Descrição		Serviços que providenciam suporte as necessidades de uma população.
Autores		Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Deng, Peng e Tang (2019); Wang e Peng (2020)

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

O Quadro 2, apresenta o mapa estratégico do Indicador Econômico contemplando a descrição do indicador e dos subindicadores, bem como, os autores que embasaram o indicador e os subindicadores.

#### **Quadro 2 – Mapa Estratégico do Indicador Econômico**

2	Indicador	Indicador Econômico
Descrição		Desenvolvimento Econômico e crescimento de uma cidade.
Autores		El Ghorab e Shalaby (2016); Yang et al. (2019); Kourtit et al. (2020); Ruan, Yan e Wang (2020); Jing e Wang (2020); Li e Yi (2020); Su et al. (2019); Silva (2019); Brilhante e Klaas (2018); Rosales (2011); Sokolov et al. (2019); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Anand, Rajkuma e Suganthi (2017); He et al. (2020)
2.1	Subindicador	Atratividade do mercado
Descrição		Atratividade do mercado em uma cidade.
Autores		Kourtit, Nijkamp e Suzuki (2020)
2.2	Subindicador	Desenvolvimento Econômico
Descrição		Nível de desenvolvimento econômico de um mercado.
Autores		El Ghorab e Shalaby (2016); Yang et al. (2019); Kourtit, Nijkamp e Suzuki (2020)
2.3	Subindicador	Produto Interno Bruto (PIB)
Descrição		Soma dos bens e serviços produzidos em uma região, durante um determinado período.
Autores		Ruan, Yan e Wang (2020); Jing e Wang (2020); Li e Yi (2020); Su et al. (2019); Silva (2019)
2.4	Subindicador	Índice Gini
Descrição		Grau de concentração de renda em determinada população.
Autores		Brilhante e Klaas (2018); Rosales (2011)
2.5	Subindicador	Parques de negócios
Descrição		Espaços que facilitem os negócios.
Autores		Sokolov et al. (2019); Yang et al. (2019); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000)
2.6	Subindicador	PIB per capita
Descrição		PIB dividido pela quantidade de habitantes.
Autores		Brilhante e Klaas (2018); Anand, Rajkuma e Suganthi (2017); Su et al. (2019)
2.7	Subindicador	Plano Contingente

Descrição	Presença de planejamentos para mitigar ou prevenir prejuízos.	
Autores	He et al. (2020)	
2.8	Subindicador	Proporção da indústria primária
Descrição	Percentual de indústria primária presente em uma cidade.	
Autores	Yang et al. (2019); Li e Yi (2020); Jing e Wang (2020)	
2.9	Subindicador	Proporção da indústria secundária
Descrição	Percentual de indústria secundária presente em uma cidade.	
Autores	Yang et al. (2019); Li e Yi (2020); Jing e Wang (2020)	
2.10	Subindicador	Proporção da indústria terciária
Descrição	Percentual de indústria terciária presente em uma cidade.	
Autores	Yang et al. (2019); Li e Yi (2020); Jing e Wang (2020)	
2.11	Subindicador	Proporção de despesas com ciência e tecnologia
Descrição	Percentual de dinheiro gasto com ciência e tecnologia em um governo.	
Autores	Li e Yi (2020)	
2.12	Subindicador	Proporção de despesas com educação
Descrição	Percentual de dinheiro gasto com educação em um governo.	
Autores	Li e Yi (2020)	
2.13	Subindicador	Proporção entre a renda familiar urbana disponível anual e a renda familiar rural
Descrição	Comparação entre o ganho das famílias urbanas com o das famílias rurais.	
Autores	Ruan, Yan e Wang (2020); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Su et al. (2019)	
2.14	Subindicador	Reservas econômicas
Descrição	Quantidade de dinheiro que é guardado.	
Autores	Jing e Wang (2020); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000)	
2.15	Subindicador	Tamanho do mercado
Descrição	Estrutura do mercado em um determinado local.	
Autores	Kourtit, Nijkamp e Suzuki (2020)	
2.16	Subindicador	Taxa de crescimento da receita regional
Descrição	Percentual do aumento da entrada monetária em uma região.	
Autores	Jing e Wang (2020)	
2.17	Subindicador	Taxa de crescimento do PIB per capita
Descrição	Percentual de crescimento do PIB por habitante.	
Autores	Li e Yi (2020); Su et al. (2019)	
2.18	Subindicador	Taxa de exportação para o PIB
Descrição	Percentual de exportações feitas em prol do PIB.	
Autores	Su et al. (2019)	
2.19	Subindicador	Taxa de investimento estrangeiro em relação ao PIB



Descrição	Percentual de investimento do exterior para o PIB.
Autores	Li E Yi (2020); Su et al. (2019); He et al. (2020)

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

O Quadro 3, apresenta o mapa estratégico do Indicador Ambiental contemplando a descrição do indicador e dos subindicadores, bem como, os autores que embasaram o indicador e os subindicadores.

### Quadro 3 – Mapa Estratégico do Indicador Ambiental

3	Indicador	Indicador Ambiental
	Descrição	Investimentos e valorização das questões voltadas ao meio ambiente em uma cidade.
	Autores	Su et al. (2019); Silva (2019); Jing e Wang (2020); Li e Yi (2020); Alyami (2019); Ruan, Yan e Wang (2020); Kourtit, Nijkamp e Suzuki (2020); Brilhante e Klaas (2018); Rosales (2011); Anand, Rajkuma e Suganthi (2017); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Bao e Toivonen (2014); Deng, Peng e Tang (2019)
3.1	Subindicador	Proporção de investimento em proteção ambiental em relação ao PIB
	Descrição	Investimento direcionado a proteção ambiental relacionada ao PIB.
	Autores	Su et al. (2019)
3.2	Subindicador	Área verde per capita
	Descrição	Quantidade de áreas florestais.
	Autores	Su et al. (2019); Silva (2019); Jing e Wang (2020); Li e Yi (2020)
3.3	Subindicador	Proporção de Áreas urbanas
	Descrição	Percentual de áreas urbanas em uma cidade.
	Autores	Su et al. (2019); Li e Yi (2020); Silva (2019)
3.4	Subindicador	Emissões de resíduos sólidos
	Descrição	Quantidade de emissões de resíduos sólidos em uma cidade.
	Autores	Li e Yi (2020)
3.5	Subindicador	Emissões totais de poluentes principais
	Descrição	Quantidade total de poluentes principais.
	Autores	Alyami (2019); Silva (2019); Ruan, Yan e Wang (2020); Anand, Rajkuma e Suganthi (2017); Li e Yi (2020); Jing e Wang (2020); Kourtit, Nijkamp e Suzuki (2020); Brilhante e Klaas (2018)
3.7	Subindicador	Pegada ecológica
	Descrição	Pressão do consumo de um cidadão ou população sob o meio ambiente.
	Autores	Alyami (2019); Rosales (2011); Anand, Rajkuma e Suganthi (2017)
3.8	Subindicador	Proporção de resíduos de consumo tratados
	Descrição	Proporção dos resíduos tratados.
	Autores	Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Li e Yi (2020); Jing e Wang (2020)
3.9	Subindicador	Qualidade de vida urbana
	Descrição	Eficácia e satisfação com o estilo de vida providenciado na cidade.
	Autores	Anand, Rajkuma e Suganthi (2017); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Rosales (2011)
3.10	Subindicador	Qualidade do solo
	Descrição	Qualidade do solo da cidade.
	Autores	Rotmans, Asselt e Vellinga (2000)

3.1 1	Subindicador	Preservação da biodiversidade
Descrição		Ações tomadas em prol da preservação da diversidade da fauna e flora de uma cidade.
Autores		Bao e Toivonen (2014); Deng, Peng e Tang (2019); Rotmans, Asselt e Vellinga (2000); Kourtit, Nijkamp e Suzuki (2020)
3.1 2	Subindicador	Relação cobertura verde das áreas construídas
Descrição		Esforço na arborização da cidade.
Autores		Li e Yi (2020)
3.1 3	Subindicador	Taxa de cobertura florestal
Descrição		Percentual de florestas pertencentes a um município.
Autores		Su et al. (2019)
3.1 4	Subindicador	Taxa de tratamento de resíduos domésticos
Descrição		Quantidade de resíduos domésticos tratados.
Autores		Su et al. (2019)

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A partir da exportação dos dados primários coletados, para o *software* SmartPLS, versão 3, e realizadas suas configurações, gerou-se o relatório dos dados preliminares obtidos. Iniciou-se a avaliação do modelo por meio da sua validade convergente, confiabilidade e validade discriminante, conforme preconizado por Hair Jr. , Hult, Ringle, & Sarstedt (2017).

Cabe ressaltar, contudo, que a sequência das análises ocorreu em conformidade com a recomendação de Bido e Silva (2019), qual seja: 1) Validade Convergente (VC); 2) Validade Discriminante (VD); 3) confiabilidade; uma vez que um dos pressupostos para a avaliação da confiabilidade é que sua validade convergente e validade discriminante estejam adequadas. Deste modo, se diagnosticado qualquer problema na validade convergente ou discriminante, sugere-se não prosseguir para a avaliação da confiabilidade.

Assim, verificou-se que a AVE das Variáveis Latentes (VL), conforme Ringle, Silva, e Bido (2014) valores superiores a 0,50 são aceitáveis, podendo ser aceitáveis valores superiores a 0,40 em ciências sociais aplicadas.

Assegurada a VC, a próxima etapa consistiu em avaliar a VD do modelo, a qual indica se os construtos ou variáveis são independentes entre si (Hair Jr. et al., 2017). De acordo com Ringle et al. (2014) há duas maneiras de averiguar esse indicador: a) observando as cargas cruzadas, ou seja, indicadores com cargas fatoriais superiores nas suas respectivas VL do que nas demais, conforme recomendado por Chin (1998); b) critério de Fornell & Larcker (1981), em que as raízes quadradas das AVE devem ser maiores que as correlações entre os construtos.

Avaliaram-se, primeiramente, as cargas fatoriais cruzadas, de acordo com o critério de Chin (1998), o qual comprovou estarem adequados os indicadores dispostos conforme a Tabela 1:

**Tabela 1:**

Valores das cargas cruzadas das Variáveis Observadas (VO) nas VL

Variável	Ambiental	Econômico	ODS	Social
<b>Ambiental 1</b>	0.814	0.559	0.550	0.585
<b>Ambiental 10</b>	0.771	0.699	0.364	0.503

<b>Ambiental 13</b>	0.851	0.519	0.474	0.610
<b>Ambiental 14</b>	0.874	0.547	0.521	0.646
<b>Ambiente 3</b>	0.835	0.511	0.551	0.551
<b>Ambiente 4</b>	0.825	0.528	0.594	0.633
<b>Ambiente 9</b>	0.915	0.538	0.547	0.642
<b>Econômico 10</b>	0.431	0.729	0.382	0.555
<b>Econômico 11</b>	0.631	0.761	0.584	0.551
<b>Econômico 15</b>	0.581	0.781	0.323	0.501
<b>Econômico 16</b>	0.473	0.799	0.341	0.391
<b>Econômico 17</b>	0.549	0.798	0.363	0.510
<b>Econômico 18</b>	0.598	0.902	0.470	0.502
<b>Econômico 19</b>	0.472	0.763	0.332	0.362
<b>Econômico 2</b>	0.433	0.777	0.380	0.468
<b>Econômico 5</b>	0.651	0.805	0.536	0.642
<b>Econômico 6</b>	0.392	0.730	0.324	0.442
<b>Econômico 7</b>	0.701	0.737	0.498	0.638
<b>ODS 1</b>	0.434	0.284	0.726	0.591
<b>ODS 10</b>	0.590	0.551	0.813	0.564
<b>ODS 11</b>	0.623	0.521	0.855	0.634
<b>ODS 12</b>	0.633	0.531	0.820	0.621
<b>ODS 13</b>	0.578	0.510	0.830	0.578
<b>ODS14</b>	0.626	0.502	0.856	0.650
<b>ODS 15</b>	0.491	0.451	0.806	0.535
<b>ODS 16</b>	0.553	0.363	0.858	0.728
<b>ODS 17</b>	0.548	0.440	0.746	0.592
<b>ODS 5</b>	0.550	0.436	0.735	0.546
<b>ODS 7</b>	0.716	0.517	0.865	0.713
<b>ODS 8</b>	0.481	0.489	0.753	0.570
<b>ODS 9</b>	0.551	0.532	0.862	0.665
<b>Social 12</b>	0.558	0.526	0.498	0.733
<b>Social 20</b>	0.472	0.650	0.513	0.769
<b>Social 21</b>	0.626	0.672	0.565	0.782
<b>Social 24</b>	0.672	0.407	0.624	0.739
<b>Social 3</b>	0.544	0.517	0.658	0.729
<b>Social 5</b>	0.565	0.432	0.597	0.780
<b>Social 6</b>	0.557	0.565	0.390	0.711
<b>Social 8</b>	0.471	0.598	0.461	0.825

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (SMARTPLS3<sup>®</sup>, 2020).

Pela análise da Tabela 1, verifica-se que as cargas fatoriais das VO nas VL originais são maiores quando comparadas com os demais construtos. Assim, o modelo tem VD, de acordo com o critério de Chin (1998).

Posteriormente, avaliou-se a VD segundo o critério de Fornell e Larcker (1981) que de acordo com Hair Junior *et al.* (2017) é considerado mais conservador. A Tabela 2 apresenta os valores das correlações entre VL e raízes quadradas dos valores das AVE na diagonal principal (em destaque).

**Tabela 2:**

Valores das correlações entre VL e raízes quadradas dos valores das AVE na diagonal principal (em destaque)

	<b>Ambiental</b>	<b>Econômico</b>	<b>ODS</b>	<b>Social</b>
<b>Ambiental</b>	0.842			
<b>Econômico</b>	0.661	0.782		
<b>ODS</b>	0,614	0.533	0.811	
<b>Social</b>	0.688	0.662	0.729	0.757

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (SMARTPLS3<sup>®</sup>, 2019).

Mediante a análise da Tabela 2, verifica-se que todos os valores das correlações entre as VL são menores que as raízes quadradas de suas AVE, portanto, o critério de Fornell e Larcker (1981) foi atendido.

Por fim, avaliaram-se os valores de consistência interna, por meio do Alfa de Cronbach e da confiabilidade composta. A Tabela 3 demonstra os referidos valores, juntamente com os valores relativos à AVE:

**Tabela 3:**

Valores relativos à consistência interna do modelo

<b>Dimensão</b>	<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>Confiabilidade Composta</b>	<b>AVE</b>
<b>Ambiental</b>	<b>0.931</b>	<b>0.944</b>	<b>0.709</b>
<b>Econômico</b>	<b>0.937</b>	<b>0.945</b>	<b>0.611</b>
<b>ODS</b>	<b>0.956</b>	<b>0.961</b>	<b>0.658</b>
<b>Social</b>	<b>0.894</b>	<b>0.915</b>	<b>0.573</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (SMARTPLS3<sup>®</sup>, 2020).

Verificam-se, na Tabela 3 que o alfa de Cronbach dos construtos são superiores a 0.80. Também, considerou-se o critério de confiabilidade atendido, mediante os índices de confiabilidade composta, que se apresentaram superiores ao limite mínimo de 0,7 (HAIR JUNIOR et al., 2017).

Para que fosse possível atender aos pré-requisitos estatísticos de validade das variáveis, indicadores foram excluídos do modelo de forma que, em termos de validade convergente, o nível dos indicadores: carga > 0.7 (Tabela 2) e o no nível das VL: AVE > 0.5 (Tabela 2). Em termo de validade discriminante, o No nível das VL:  $\sqrt{AVE} > r_{VL}$  (Tabela 3) e o No nível dos indicadores: cargas fatoriais > cargas cruzadas (na horizontal e vertical na Tabela 1). Por fim, em termos de confiabilidade, o CR > 0.7 (Tabela 3).

Portanto, mediante a validação do modelo de mensuração, a partir dos critérios acima descritos, a próxima subseção dedicar-se-á à análise do modelo estrutural.

A primeira avaliação realizada consistiu na análise de colinearidade, qual seja Fator de Variação de Inflação (VIF). De acordo com Hair Jr., Black, J., E., e L. (2009), o descumprimento desse pressuposto poderá tornar as inferências baseadas no modelo errôneas ou pouco confiáveis. Sublinha-se que, no contexto do PLS-SEM, um valor VIF igual ou superior a cinco indica um potencial problema de colinearidade (Hair Junior, Ringle, & Sarstedt, 2011). Entretanto, de acordo com Hair Junior *et al.* (2009), deve-se considerar a remoção de um dos indicadores correspondentes caso o nível de colinearidade seja muito alto,

conforme indicado por um valor VIF igual ou superior a dez. A Tabela 4 demonstra os referidos valores:

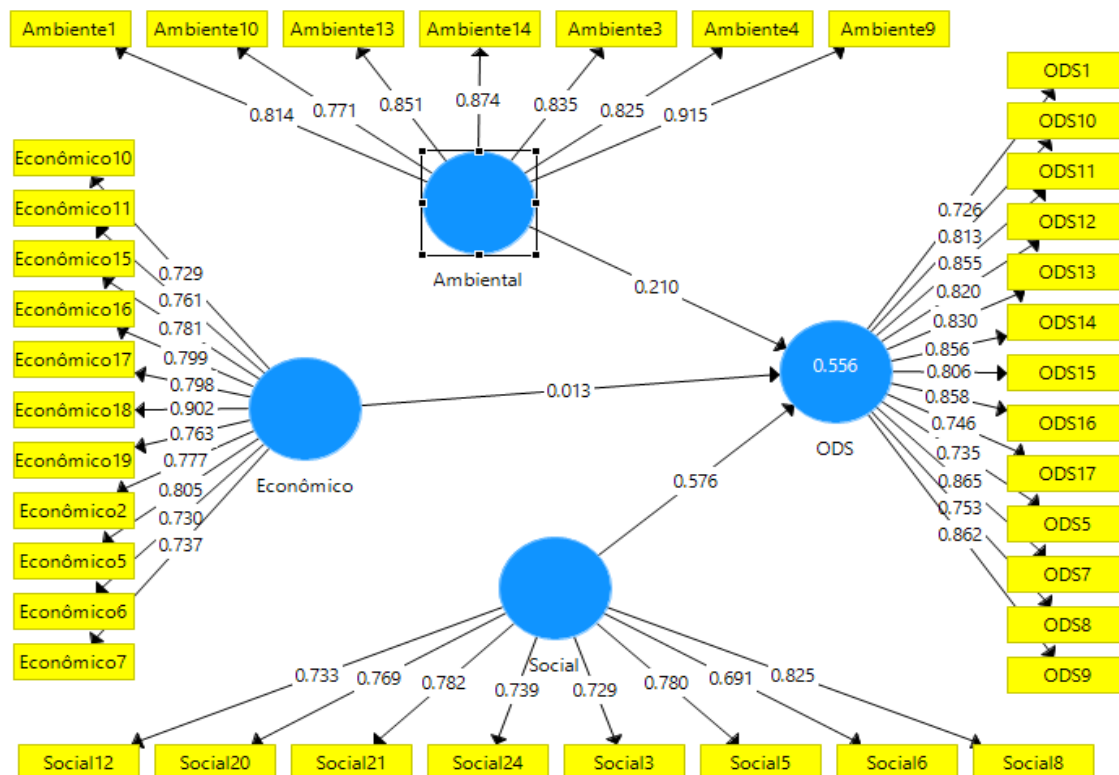
**Tabela 4:**

Valores relativos à Fator de Variação de Inflação (VIF).

Ambiental 1	3.114	Econômico 19	2.928	ODS 17	2.952
Ambiental 10	2.386	Econômico 2	3.119	ODS 5	3.118
Ambiental 13	4.443	Econômico 5	3.977	ODS 7	4.344
Ambiental 14	4.323	Econômico 6	2.674	ODS 8	3.845
Ambiente 3	5.333	Econômico 7	2.421	ODS 9	3.951
Ambiente 4	5.088	ODS 1	2.945	Social 12	1.991
Ambiente 9	4.692	ODS 10	3.500	Social 20	2.254
Econômico 10	2.364	ODS 11	3.779	Social 21	2.774
Econômico 11	2.400	ODS 12	3.619	Social 24	2.068
Econômico 15	3.434	ODS 13	4.604	Social 3	2.137
Econômico 16	5.449	ODS 14	5.804	Social 5	2.246
Econômico 17	3.781	ODS 15	4.051	Social 6	1.878
Econômico 18	7.725	ODS 16	4.474	Social 8	3.082

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da pesquisa (SMARTPLS3<sup>®</sup>, 2020).

Como todos os valores são inferiores a dez decidiu-se por manter todas as variáveis. Posteriormente, avaliaram-se os coeficientes de determinação de Pearson ( $R^2$ ). De acordo com Ringle, Silva e Bido (2014, p. 67), o  $R^2$  “avalia a porção da variância das variáveis endógenas, que é explicada pelo modelo estrutural”. A Figura 2 apresenta a estrutura do modelo de mensuração, com os valores de  $R^2$  e coeficientes de caminho (*path coefficients*).



**Figura 2. Modelo proposto, R<sup>2</sup> e coeficientes de caminho.**

Fonte: SmartPLS3<sup>®</sup> (2020).

Conforme Cohen (1988), para a área de ciências sociais e comportamentais, o coeficiente costuma variar entre 2% e 26%, sendo  $R^2 = 2\%$  considerado como efeito pequeno;  $R^2 = 13\%$  efeito médio e  $R^2 = 26\%$  efeito grande. Já Hair Junior *et al.* (2011) consideram que os resultados de  $R^2$  acima de 0,20 são considerados altos em disciplinas como esta.

Verifica-se que a VL endógenas ODS apresentam  $R^2$  de 0,556, acima do percentual sugerido como grande/alto, conforme as classificações de Cohen (1988) e Hair Junior *et al.* (2011), todas apresentam efeito grande no modelo. O modelo explicou uma parte substancial da variação das variáveis endógenas, especificamente, 55,67%.

Para testar a significância das relações apontadas, utilizou-se a técnica *bootstrapping* que, conforme Ringle, Silva e Bido (2014), é uma técnica de reamostragem usada para avaliar a significância (p-valor) das correlações (modelos de mensuração) e das regressões (modelo estrutural). Assim, realizou-se procedimento e análise de reamostragem por *bootstrapping* com 5.000 amostras de *bootstrap* por grupo. Conforme se observa no Quadro 4, apenas a Hipótese 1 está acima do valor de referência (1,96). Nesse caso rejeitou-se a  $H_0$  e pode-se dizer que as correlações e os coeficientes de regressão são significantes, fornecendo suporte para esta parte do modelo proposto.

**Quadro 4** - Teste de hipóteses

Hipótese	Caminho	T Statistics	P Values	Resultados
H1	Social → ODS	4.323	0.000	Suportada
H2	Econômica → ODS	0.102	0.918	Não Suportada
H3	Ambiental → ODS	1.226	0.200	Não Suportada

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Este resultado sugere que há um entendimento limitado (dos respondentes) sobre quais indicadores contribuem para avaliar e planejar cidades saudáveis sustentáveis.

### 5.1 Discussões dos resultados frente à teoria

Quanto aos indicadores Sociais, os subindicadores considerados adequados conforme as metodologias aplicadas na pesquisa foram: Acesso à habitação; Defesa contra o impacto de desastres naturais e causados pelo homem; Densidade populacional; Estrutura de emprego; Infraestrutura de conhecimento; Taxa de mortalidade por acidentes; Taxa natural de crescimento da população; e Assistência de serviços municipais.

Conforme Jing e Wang (2020) os indicadores densidade populacional, infraestrutura verde, saúde, PIB e poluição ambiental (ar, solo e água) foram os fatores que mais impulsionaram o desenvolvimento sustentável de Shuozhou em diferentes períodos de desenvolvimento.

Quanto aos indicadores Econômicos, os subindicadores considerados adequados conforme as metodologias aplicadas na pesquisa foram: Desenvolvimento econômico; Parques de negócios; PIB per capita; Plano Contingente; Proporção da indústria terciária; Proporção de despesas com ciência e tecnologia; Tamanho do mercado; Taxa de crescimento do PIB per capita; Taxa de exportação para o PIB; e Taxa de investimento estrangeiro em relação ao PIB.

Quanto aos indicadores Ambientais, os subindicadores considerados adequados conforme as metodologias aplicadas na pesquisa foram: Proporção de investimento em proteção ambiental em relação ao PIB; Proporção de áreas urbanas; Emissões de resíduos sólidos; Qualidade de vida urbana; Qualidade do solo; Taxa de cobertura florestal; e Taxa de tratamento de resíduos domésticos.

Percebe-se que vários indicadores podem estar relacionados com diversos ODSs, entretanto, nem todos os ODSs estão contemplados nos indicadores propostos por este

modelo. Esta pesquisa converge com os resultados alcançados por Steiniger et al. (2020), pois, concluiu que a maioria dos indicadores podem ser atribuídas a vários ODS, tornando claro a multidimensionalidade da sustentabilidade, no entanto, nem todos os ODS são refletidos no sistema CEDEUS, analisados pelos autores.

Um exemplo de ODS que não foi contemplado nesta pesquisa (analisou-se uma cidade costeira) e também não foi na pesquisa de Steiniger et al. (2020) (analisaram 3 cidades costeiras entre outras), foi o objetivo 14 – Vida Abaixo da Água. Nas duas pesquisas este resultado reflete o enfoque urbano dado aos modelos.

## 6 CONCLUSÃO

O objetivo do artigo era verificar quais indicadores de sustentabilidade compõe um modelo de mensuração de cidades saudáveis sustentáveis e seus impactos nos objetivos de desenvolvimento sustentável. Assim, com a aplicação do modelo teórico inicial, gerou-se um modelo final contendo sete indicadores ambientais, onze indicadores econômicos e oito indicadores sociais, bem como foi possível analisar a relação desses indicadores com os objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU.

Como sugestões para trabalhos futuros, sugere-se investigar modelos alternativos de indicadores de sustentabilidade como: o nexos água-energia-alimento e as cidades inteligentes saudáveis sustentáveis; a geração de resíduos e as cidades inteligentes saudáveis sustentáveis; mobilidade urbana e saúde da população e as cidades inteligentes saudáveis sustentáveis. Outra sugestão a futuros estudos seria a replicação do modelo final em outras cidades para aprofundar a relação tripé da sustentabilidade e as cidades inteligentes saudáveis sustentáveis.

A principal limitação da pesquisa e que pode ter acarretado não aceitar duas hipóteses a quantidade de respondentes do questionário. Apesar do software SmartPls fazer o processamento dos dados, entende-se o número de respondentes ser uma limitação da pesquisa, embora a amostra não probabilística, este pode ser considerado um grupo homogêneo, com pelo menos uma característica comum, moradores da grande Florianópolis.

E, por fim, acredita-se que, com o aprofundamento dos estudos sobre as cidades saudáveis sustentáveis será possível retroalimentar o processo de desenvolvimento científico e gerar conhecimentos que sejam aplicados nas gestões municipais auxiliando na promoção dos objetivos do desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alyami, S. H. (2019). Opportunities and Challenges of Embracing Green City Principles in Saudi Arabia Future Cities. *Ieee Access*, 7, 178584-178595. doi: 10.1109/access.2019.2959026
- Anand, A., Rufuss, D. D. W., Rajkumar, V., & Suganthi, L. (2017). Evaluation of Sustainability Indicators in Smart Cities for India Using MCDM Approach. *Energy Procedia*, 141, 211-215. doi: 10.1016/j.egypro.2017.11.094
- Bao, S., & Toivonen, M. (2014). The specificities and practical applications of Chinese eco-cities. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 5(2), 162-176. doi: 10.1108/JSTPM-05-2014-0020
- Bido, D. d. S., & Silva, D. d. (2019). SmartPLS 3: Especificação, estimação, avaliação e relato. *Administração: Ensino e Pesquisa*, 20(2), 488-536 doi: <https://doi.org/10.13058/raep.2019.v20n2.1545>
- Brilhante, O., & Klaas, J. (2018). Green City Concept and a Method to Measure Green City Performance over Time Applied to Fifty Cities Globally: Influence of GDP,

- Population Size and Energy Efficiency. *Sustainability*, 10(6), 23. doi: 10.3390/su10062031
- Brito, V. T. F., Ferreira, F. A. F., Perez-Gladish, B., Govindan, K., & Meidute-Kavaliauskiene, I. (2019). Developing a green city assessment system using cognitive maps and the Choquet Integral. *Journal of Cleaner Production*, 218, 486-497. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.060
- Brundtland, G. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future: United Nations General Assembly document A/42/427.
- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach for structural equation modeling. In G. A. Marcoulides (Ed.), *Modern methods for business research* (Lawrence Erlbaum Associates ed., pp. 295-336).
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (P. Press Ed. 2 ed.).
- Deng, W., Peng, Z., & Tang, Y.-t. (2019). A quick assessment method to evaluate sustainability of urban built environment: Case studies of four large-sized Chinese cities. *Cities*, 89, 57-69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.028>
- El Ghorab, H. K., & Shalaby, H. A. (2016). Eco and Green cities as new approaches for planning and developing cities in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 495-503. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.12.018>
- Flynn, B. B., Kakibara, S. S., Schroeder, R. G., Bates, K. A., & Flynn, E. J. (1990). Empirical research methods in operations management. *Journal of Operations Management*, 9(2), 250-284
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Giles-Corti, B., Lowe, M., & Arundel, J. (2019). Achieving the SDGs: Evaluating indicators to be used to benchmark and monitor progress towards creating healthy and sustainable cities. *Health Policy*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2019.03.001>
- Hair Jr., J. F., Black, W. C., J., B. B., E., A. R., & L., T. R. (2009). *Análise multivariada de dados* (M. A. G. A. S. Sant'Anna, Trans. Bookman Ed. 6 ed.). Porto Alegre.
- Hair Jr. , J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2017). *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)* (SAGE Ed. 2 ed.). Los Angeles.
- Hair Junior, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *The Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), 139-152.
- He, X., Lin, M., Chen, T. L., Liu, B., Tseng, P. C., Cao, W., & Chiang, P. C. (2020). Implementation plan for low-carbon resilient city towards sustainable development goals: Challenges and perspectives. *Aerosol and Air Quality Research*, 20(3), 444-464. doi: 10.4209/aaqr.2019.11.0568
- Hourneaux Jr., F., Gabriel, M. L. d. S., & Gallardo-Vázquez, D. A. (2018). Triple bottom line and sustainable performance measurement in industrial companies. *Revista de Gestão*, 25(4), 413-429. doi: 10.1108/REGE-04-2018-0065
- Jing, Z., & Wang, J. (2020). Sustainable development evaluation of the society–economy–environment in a resource-based city of China:A complex network approach. *Journal of Cleaner Production*, 121510. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121510>
- Kourtit, K., Nijkamp, P., & Suzuki, S. (2020). Are global cities sustainability champions? A double delinking analysis of environmental performance of urban agglomerations. *Science of the Total Environment*, 709, 134963. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134963>
- Li, W., & Yi, P. (2020). Assessment of city sustainability—Coupling coordinated development among economy, society and environment. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120453. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120453>



- Meerow, S. (2020). The politics of multifunctional green infrastructure planning in New York City. *Cities*, *100*, 102621. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102621>
- Nalini, J. R., & Silva Neto, W. L. B. d. (2017). Cidades inteligentes e sustentáveis: desafios conceituais e regulatórios. In T. T. P. Cortese, C. T. Kniess & E. A. Maccari (Eds.), *Cidades inteligentes e sustentáveis* (Manole ed., pp. 3-20). Barueri.
- Ringle, C. M., Silva, D. D., & Bido, D. (2014). Modelagem de equações estruturais com utilização do SmartPLS. *Revista Brasileira de Marketing*, *13*(2), 56-73.
- Rosales, N. (2011). Towards the Modeling of Sustainability into Urban Planning: Using Indicators to Build Sustainable Cities. *Procedia Engineering*, *21*, 641-647. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2060>
- Rotmans, J., Asselt, M. V., & Vellinga, P. (2000). An integrated planning tool for sustainable cities. *Environmental Impact Assessment Review*, *20*, 265–276.
- Ruan, F., Yan, L., & Wang, D. (2020). The complexity for the resource-based cities in China on creating sustainable development. *Cities*, *97*, 102571. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102571>
- Silva, C. A. d., Santos, E. A. d., Maier, S. M., & Rosa, F. S. d. (2019). Urban resilience and sustainable development policies: An analysis of smart cities in the state of São Paulo. *Revista de Gestão*, *27*(1), 61-78. doi: [10.1108/REGE-12-2018-0117](https://doi.org/10.1108/REGE-12-2018-0117)
- Sokolov, A., Veselitskaya, N., Carabias, V., & Yildirim, O. (2019). Scenario-based identification of key factors for smart cities development policies. *Technological Forecasting and Social Change*, *148*, 119729. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119729>
- Steiniger, S., Wagemann, E., de la Barrera, F., Molinos-Senante, M., Villegas, R., de la Fuente, H., . . . Barton, J. R. (2020). Localising urban sustainability indicators: The CEDEUS indicator set, and lessons from an expert-driven process. *Cities*, *101*. doi: [10.1016/j.cities.2020.102683](https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102683)
- Su, M., Xie, H., Yue, W., Zhang, L., Yang, Z., & Chen, S. (2019). Urban ecosystem health evaluation for typical Chinese cities along the Belt and Road. *Ecological Indicators*, *101*, 572-582. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.070>
- UN. (2020). Sustainable Development Goal. United Nations. Retrieved 18 May, 2020, from <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg11>
- Wang, W. M., & Peng, H. H. (2020). A fuzzy multi-criteria evaluation framework for urban sustainable development. *Mathematics*, *8*(3). doi: [10.3390/math8030330](https://doi.org/10.3390/math8030330)
- Yang, Y., Guo, H., Chen, L., Liu, X., Gu, M., & Ke, X. (2019). Regional analysis of the green development level differences in Chinese mineral resource-based cities. *Resources Policy*, *61*, 261-272. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.02.003>