

IV enanparq

Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Porto Alegre, 25 a 29 de Julho de 2016

CONTRIBUIÇÕES DO CONCEITO E DA ABORDAGEM DE METABOLISMO URBANO PARA AVALIAÇÃO DO CUSTO DAS DECISÕES AMBIENTAIS

SESSÃO TEMÁTICA: ECOLOGIA URBANA: O CUSTO DAS DECISÕES
AMBIENTAIS

Eugenia Aumond Kuhn
Centro Universitário Ritter dos Reis - UniRitter Laureate International Universities
eugeniaakuhn@gmail.com

Miguel Aloysio Sattler
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
masattler@gmail.com

Lucas Dornelles Magnus
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
lucas.magnus@ufrgs.br

CONTRIBUIÇÕES DO CONCEITO E DA ABORDAGEM DE METABOLISMO URBANO PARA AVALIAÇÃO DO CUSTO DAS DECISÕES AMBIENTAIS

RESUMO

Intrinsecamente associado ao conceito de ecologia urbana está o de metabolismo urbano, o qual dá origem a pesquisas com o intuito de estimar a interferência dos sistemas urbanos na estabilidade dos fluxos de materiais e energia historicamente estabelecidos na biosfera. Ambos os conceitos, originados em meados do século XX, difundiram-se internacionalmente. A partir da revisão bibliográfica em bases de artigos científicos identificaram-se mais de 20 estudos, conduzidos na última década, aplicando a abordagem de metabolismo a municípios e regiões metropolitanas reais. O crescente número de pesquisas se deve à consolidação de planos de ação internacionais para o desenvolvimento sustentável. Apesar da profusão de pesquisas recentes, a maior parte das iniciativas é desenvolvida no contexto europeu, onde um método padrão começa a se estabelecer. A lacuna de estudos de cidades latino-americanas fomentou a tese de doutorado da primeira autora deste artigo, na qual se realizou a primeira caracterização dos fluxos de materiais associados ao metabolismo de um município brasileiro (caso de Feliz, RS). Para tanto, fez-se um extenso trabalho de identificação e de coleta de dados e o desenvolvimento de procedimentos metodológicos específicos para seu tratamento. O presente artigo tem por objetivo, a partir dos resultados obtidos e dos procedimentos metodológicos desenvolvidos, discutir as potenciais contribuições do conceito e da abordagem de metabolismo urbano para avaliação do custo das decisões ambientais no contexto brasileiro. Espera-se contribuir com o tema através: a) da análise das relações entre ecologia urbana, metabolismo urbano e avaliação de custos ambientais; b) da identificação das atividades de tomada de decisão as quais os resultados obtidos poderiam oferecer suporte; c) da análise das possibilidades e limitações ao se pretender caracterizar o metabolismo de um número maior de municípios brasileiros e d) de uma discussão dos desenvolvimentos futuros neste tema de pesquisa.

Palavras-chave: ecologia urbana 1. metabolismo urbano 2. sustentabilidade urbana 3.

CONTRIBUTIONS OF URBAN METABOLISM CONCEPT AND APPROACH TO ASSESSING THE COST OF ENVIRONMENTAL DECISIONS

ABSTRACT

The concept of urban ecology is linked to the concept of urban metabolism, which leads to research in order to estimate the interference of urban systems in the stability of flows of materials and energy historically established in the biosphere. Both concepts originated in the mid-twentieth century and spread internationally. From a literature review in scientific articles, more than 20 studies conducted over the past decade were identified, applying the metabolic approach to cities, municipalities and metropolitan areas. The growing number of researches is due to the consolidation of action plans for sustainable development. Despite the recent research profusion, most of the initiatives are developed in the European context, where a standard method begins to be established. The gap of Latin American cities studies fomented the doctoral thesis of this article first author, in which the first characterization of the material flows associated with the metabolism of a Brazilian municipality was carried out (Feliz, RS). Thus, it was done an extensive work for data identification and collection, as well as the development of specific methodological procedures for their treatment. From the results obtained and methodological procedures developed, this article aims to discuss the potential contributions of the concept and urban metabolism approach to assess the cost of environmental decisions in the Brazilian context. Contributions are made by: a) analyzing of the relationship between urban ecology, urban metabolism and assessment of environmental costs; b) identifying the decision-making activities whose results could support; c) analyzing the possibilities and limitations to characterize the metabolism of a larger number of Brazilian cities and d) a discussion of future developments in this area of research.

Keywords: urban ecology 1. urban metabolism 2. urban sustainability 3.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de ecologia urbana surge por volta de 1960, com os posicionamentos críticos sobre o crescimento econômico e seus efeitos ambientais, bem como com a consolidação do campo da ecologia de ecossistemas. No período, nasciam críticas severas à cidade industrial. Para citar apenas um exemplo, Munford¹, a par dos desenvolvimentos em ecologia, denunciou o mito das megalópolis e, como outros contemporâneos, previu os conflitos das cidades industriais.

Desde então, a noção de sustentabilidade vem ocupando espaço crescente nas discussões internacionais sobre desenvolvimento nas últimas décadas. Além disso, alguns pesquisadores, a exemplo de Costa², afirmam que parte significativa desse debate, nos países desenvolvidos, se concentra no papel das cidades. Evidências dessa afirmação podem ser encontradas na Agenda Habitat³, um dos principais planos de ação internacional para o desenvolvimento sustentável.

Entretanto, segundo Silva⁴, embora haja um aparente consenso, na esfera discursiva, quanto ao reconhecimento dos problemas que atingem as sociedades e as cidades contemporâneas e da necessidade de superá-los, ele é desfeito, no instante em que passa a requerer proposições objetivas. Especificamente, no que se refere à dimensão ambiental, tal dificuldade se estabelece, entre outros motivos, devido à lacuna de conhecimento existente sobre como e em qual extensão os diferentes sistemas, padrões e atividades locais (municipais ou urbanas) impactam os sistemas naturais, nas escalas local, regional e global.⁵

Estudos no campo da ecologia urbana buscam aproximar-se de tais respostas, abarcando pesquisas com diferentes abordagens. Uma das mais perseguidas adota o conceito de metabolismo urbano, o qual dá origem a trabalhos com o intuito de estimar a interferência dos sistemas urbanos na estabilidade dos fluxos de materiais e energia historicamente estabelecidos nos sistemas naturais existentes na biosfera.

Apesar da profusão de pesquisas recentes adotando a abordagem de metabolismo urbano, a maior parte das iniciativas é desenvolvida no contexto europeu, no qual, inclusive, um

¹ *The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects*, 1961.

² "Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição de termos?", *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais* 2, nº 2 (1999): 55–71.

³ United Nations Human Settlements Programme - UN-HABITAT, *The Habitat Agenda* (Istanbul: UN-HABITAT, 1996).

⁴ Sandra Silva, "Indicadores de sustentabilidade urbana: as perspectivas e as limitações da operacionalização de um referencial sustentável" (Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2000).

⁵ Marina Alberti, "Measuring urban sustainability", *Environmental Impact Assessment Review* 16, nº 4–6 (1996): 381, doi:10.1016/S0195-9255(96)00083-2.

método padrão começa a se estabelecer. Particularmente escassos são os estudos de metabolismo de cidades latino-americanas. Esta lacuna fomentou a tese de doutorado da primeira autora deste artigo⁶, na qual se realizou a primeira caracterização dos fluxos de materiais associados ao metabolismo de um município brasileiro (caso de Feliz, RS).

O presente artigo tem por objetivo, a partir dos resultados obtidos e dos procedimentos metodológicos desenvolvidos por Kuhn⁷, **discutir as potenciais contribuições do conceito e da abordagem de metabolismo urbano para avaliação do custo das decisões ambientais no contexto brasileiro**. Espera-se atingir esse objetivo através de três discussões. A primeira, desenvolvida na seção 2, traz uma análise das contribuições teóricas, investigando as relações entre os conceitos de ecologia urbana, metabolismo urbano e avaliação de custos ambientais. A segunda busca identificar contribuições práticas, através da identificação das atividades de tomada de decisão as quais o tipo de resultados obtidos nos estudos de metabolismo poderia oferecer suporte (seção 3). A seguir, na seção 4, faz-se uma análise das possibilidades e limitações ao se pretender caracterizar o metabolismo de um número maior de cidades brasileiras. Por fim, conclui-se o artigo com uma síntese dos desenvolvimentos futuros desejáveis neste tema de pesquisa.

2. Relações entre ecologia urbana, metabolismo urbano e avaliação de custos ambientais

2.1. DESENVOLVIMENTO E ESTADO DA ARTE DAS PESQUISAS NO CAMPO DA ECOLOGIA URBANA E METABOLISMO URBANO

A expressão ecologia urbana foi aplicada, desde sua origem, para designar, no mínimo, duas grandes linhas de pesquisa, investigando diferentes fenômenos urbanos. Uma delas, desenvolvida a partir da segunda década do século XX, foi muito difundida pelos trabalhos na chamada “Escola de Chicago”, os quais desenvolveram estudos sociológicos, na linha de ecologia humana aplicada aos fenômenos decorrentes do significativo crescimento das grandes cidades, em particular nos Estados Unidos.⁸

Outra linha, difundida a partir da década de 1960, origina-se da transposição das discussões do campo da ecologia de ecossistemas e estabelecidas logo após o desenvolvimento da

⁶ Eugenia Aumond Kuhn, “Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz, RS” (Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014), <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/96657>.

⁷ Ibidem.

⁸ Lúcia Cony F. Cidade, “A questão ambiental urbana: perspectivas de análise”, *Anais: Encontros Nacionais da ANPUR* 6, nº 0 (1 de fevereiro de 2012), <http://unuhostedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/view/1606>.

Teoria Geral dos Sistemas em meados do século XX.⁹ O conceito de ecologia urbana, nesta linha, parte de uma visão de que a cidade pode ser vista como um ecossistema em sentido amplo: “uma unidade ambiental, dentro da qual todos os elementos e processos do ambiente são inter-relacionados e interdependentes, de modo que uma mudança em um deles resultará em alterações em outros componentes”.¹⁰

É nesta segunda linha pesquisa, que o **conceito de metabolismo urbano** começa a aparecer, a partir do reconhecimento de que os sistemas urbanos, em analogia aos sistemas naturais, apresentariam um metabolismo. Wolman¹¹ foi o primeiro a tentar operacionalizar o conceito para o entendimento dos sistemas urbanos, quantificando as entradas e as saídas de materiais e de energia de uma cidade americana hipotética, de um milhão de pessoas.¹²

Para Broto, Alen e Rapoport¹³, a inovação fundamental no estudo de Wolman, dentro da ecologia urbana, foi realizar um movimento dos estudos de “ecologia nas cidades” para estudos de “ecologia das cidades”. Enquanto os primeiros se concentram em explicar como padrões e processos biofísicos dentro dos limites das cidades são diferentes daqueles ocorrentes em ambientes “naturais”, os segundos salientam como as cidades processam os materiais e energia oriundos e/ou destinados aos ambientes circundantes. Esta última perspectiva caracteriza a cidade como um ecossistema incorporado em um sistema maior, e, portanto, utiliza o conceito de metabolismo para descrever as interações entre os subsistemas urbanos dentro de uma região.¹⁴

Os primeiro textos sobre ecologia urbana foram bem recebidos internacionalmente e levaram a UNESCO - *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* - a conduzir o programa, lançado em 1971, denominado Homem e Biosfera, o qual também tinha em seu escopo a análise detalhada de Roma, Barcelona e Hong Kong. Contudo, o interesse pela aplicação do conceito de metabolismo às cidades parece reduzir na década de 1980. Ocorre, em 1983, no Japão, um simpósio sobre metabolismo urbano, mas poucos artigos são publicados, destacando-se apenas um, apresentado por Girardet¹⁵. O autor apontava que a principal causa dos impactos ambientais transferidos das cidades para

⁹ Marina Fischer-Kowalski, “Society's Metabolism”, *Journal of Industrial Ecology* 2, nº 1 (1998): 61–78, doi:10.1162/jiec.1998.2.1.61.

¹⁰ Suetônio Mota, *Planejamento urbano e preservação ambiental* (Fortaleza: Edições UFC, 1981), 15.

¹¹ “The Metabolism of Cities”, *Scientific American* 213 (1965): 179–90.

¹² Christopher Kennedy, John Cuddihy, e Joshua Engel-Yan, “The Changing Metabolism of Cities”, *Journal of Industrial Ecology* 11, nº 2 (2007): 43–59, doi:10.1162/jie.2007.1107.

¹³ “Interdisciplinary Perspectives on Urban Metabolism”, *Journal of Industrial Ecology* 16, nº 6 (2012): 851–861, doi:10.1111/j.1530-9290.2012.00556.x.

¹⁴ *Ibidem*.

¹⁵ Christopher Kennedy, S. Pincetl, e P. Bunje, “The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design”, *Environmental Pollution* In Press, Corrected Proof (2010), doi:10.1016/j.envpol.2010.10.022.

outras regiões é o “metabolismo linear” das cidades, onde recursos são consumidos, metabolizados e expelidos como resíduos. A chave para a redução desses impactos estaria na busca pelo que denomina “metabolismo circular”, no qual tanto o consumo de recursos quanto a emissão de resíduos seriam reduzidos aumentando-se o rendimento e as taxas de reutilização dos recursos. Esta proposta é, nos anos 2000, resgatada por Rogers e Gumuchdjian¹⁶, que adota o “metabolismo semicircular” como um dos paradigmas do modelo de cidade sustentável que propõem.

No início da década de 1990, estudos de metabolismo aplicados a cidades começaram a ressurgir lentamente até, a partir dos anos 2000, apresentar um crescimento exponencial. A partir da revisão bibliográfica em bases de artigos científicos identificaram-se mais de 20 estudos, conduzidos nos últimos 16 anos, aplicando a abordagem de metabolismo a cidades, municípios e regiões metropolitanas reais. Além disso, em 2007, o *Journal of Industrial Ecology* dedicou uma edição exclusiva ao metabolismo das cidades, a qual contou com 10 artigos teóricos, de autores oriundos de diferentes áreas do conhecimento.¹⁷

O crescimento no número de pesquisas está diretamente associado à consolidação de planos de ação internacionais para o desenvolvimento sustentável. Assim, para alguns pesquisadores, como Kennedy e Hoornweg¹⁸, se os governos locais pretendem verdadeiramente abordá-lo, então a coleta de dados acerca do metabolismo urbano tem de se tornar uma atividade recorrente e muito mais cidades devem começar a avaliar o seu desempenho ambiental.

O direcionamento de olhares para a escala territorial local e, particularmente, para as cidades se deve ao reconhecimento de que significativas pressões, principalmente ambientais, são geradas a partir das mesmas e transferidas para além dos seus limites, atingindo as áreas do seu entorno, bem como regiões distantes do globo.¹⁹ O encurtamento das distâncias, possibilitado pelos meios de transporte contemporâneos, o crescimento dos mercados globalizados, bem como a transferência da lógica industrial para as atividades primárias, tem aumentado a complexidade das relações das cidades entre si, das cidades com suas áreas rurais circundantes e das cidades com os processos ambientais que, local, regional e globalmente lhe dão suporte.

¹⁶ *Cidades para um pequeno planeta*, 1º ed (São Paulo: Gustavo Gili (BR), 2014).

¹⁷ Xuemei Bai, “Industrial Ecology and the Global Impacts of Cities.”, *Journal of Industrial Ecology* 11, nº 2 (Spring2007 de 2007): 1–6, doi: 10.1162/jie.2007.1296.

¹⁸ “Mainstreaming Urban Metabolism”, *Journal of Industrial Ecology* 16, nº 6 (2012): 780–82.

¹⁹ Bai, “Industrial Ecology and the Global Impacts of Cities.”

No que se refere aos desdobramentos metodológicos do conceito de metabolismo, observa-se que a maior parte das pesquisas de metabolismo urbano conduzidas na última década adota como referência o Guia Metodológico Eurostat²⁰, o qual foi desenvolvido, originalmente, para a avaliação do metabolismo físico das economias nacionais europeias. É neste continente que a maior parte das pesquisas recentes é desenvolvida, de modo que cada estudo propõe adaptações e adequações desse Guia para a escala municipal, a partir da disponibilidade de dados do contexto onde estão inseridos. Uma razão adicional para o uso do Guia Metodológico Eurostat é que, com a padronização das categorias de fluxos agrupados e de procedimentos desenvolvidos, os resultados dos metabolismos de diferentes cidades podem ser comparados. Além disso, o Guia apresenta também uma proposta de conjunto de indicadores derivados da contabilidade metabólica.

É interessante mencionar que em todos os estudos desenvolvidos, a unidade de análise é delimitada pelas fronteiras administrativas da região analisada. Assim, em geral, os estudos englobam recortes territoriais que correspondem, fazendo-se uma analogia com a organização político-administrativa brasileira, a municípios ou regiões metropolitanas.

Os únicos estudos de metabolismo urbano no Brasil foram os desenvolvidos por Conke e Ferreira²¹ para Curitiba e por Kuhn²² para o município de Feliz, RS. O metabolismo de Curitiba é investigado, apenas, a partir de alguns fluxos específicos, que seriam representativos do metabolismo global. Os autores adotam um método simplificado proposto por Kennedy e Hoornweg²³, no escopo do que chamam de *Abbreviated Urban Metabolism Studies*.

No estudo de Feliz, são adotados os procedimentos gerais e a classificação de fluxos proposta pelo método Guia Metodológico Eurostat como guia dos dados a serem coletados, de modo que se investigou a totalidade dos fluxos formais (capturados por fontes oficiais ou estatísticas) de origem humana que ingressam ou deixam o município. Esse método demanda uma compilação exaustiva dos fluxos entradas e saídas do sistema. Ao lado das entradas, estima-se extração local e importação a partir de outros municípios, regiões ou países. Entre as saídas incluem-se resíduos, emissões aéreas, efluentes líquidos e exportações para outros municípios, regiões ou países.

²⁰ Eurostat, "Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide." (Luxembourg: Statistical Office of the European Union, 2001).

²¹ "Urban metabolism: Measuring the city's contribution to sustainable development", *Environmental Pollution* 202 (julho de 2015): 146–52, doi:10.1016/j.envpol.2015.03.027.

²² "Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte".

²³ "Mainstreaming Urban Metabolism".

É apontada como sendo particularmente difícil a obtenção de dados relativos aos fluxos de importações e exportações municipais. Como alternativa para o contexto brasileiro, desenvolveu-se um conjunto de procedimentos, que extrai dados das Notas Fiscais Eletrônicas (NF-e) e é assistido por um *software* desenvolvido para conversão automatizada, usando a linguagem de programação Java. Esses procedimentos são sinteticamente apresentados no presente artigo, mas podem ser consultados em Kuhn²⁴, onde foram detalhadamente descritos.

Os dados das NF-e foram fornecidos pela Secretaria da Fazenda do Rio Grande do Sul, através de um conjunto de planilhas Excel em que constavam todos os produtos comercializados entre empresas de Feliz e de outros municípios, ao longo de 2011. Devido ao fato de estarem desagregados ao nível do produto individual, ocorrente em cada transação comercial, e de estarem registrados em diversas unidades de medida, os procedimentos envolveram, inicialmente, a conversão da unidade de medida para toneladas. Posteriormente, de acordo com o seu código NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul) e com base no Guia Metodológico Eurostat, cada produto foi categorizado segundo: a) seu nível de processamento; b) sua composição e; c) sua posição, capítulo e seção superior na estrutura NCM.

A figura 1 apresenta os resultados em seu maior nível de agregação, segundo sua composição predominante. Outros gráficos e diagramas foram produzidos a partir das demais formas de categorização. O método também permite a análise ao nível do produto individual (entrada, saída e consumo de gasolina ou cimento, por exemplo) e o cálculo de indicadores para comparação entre cidades (ver exemplo na seção 3.2).

²⁴ "Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte".

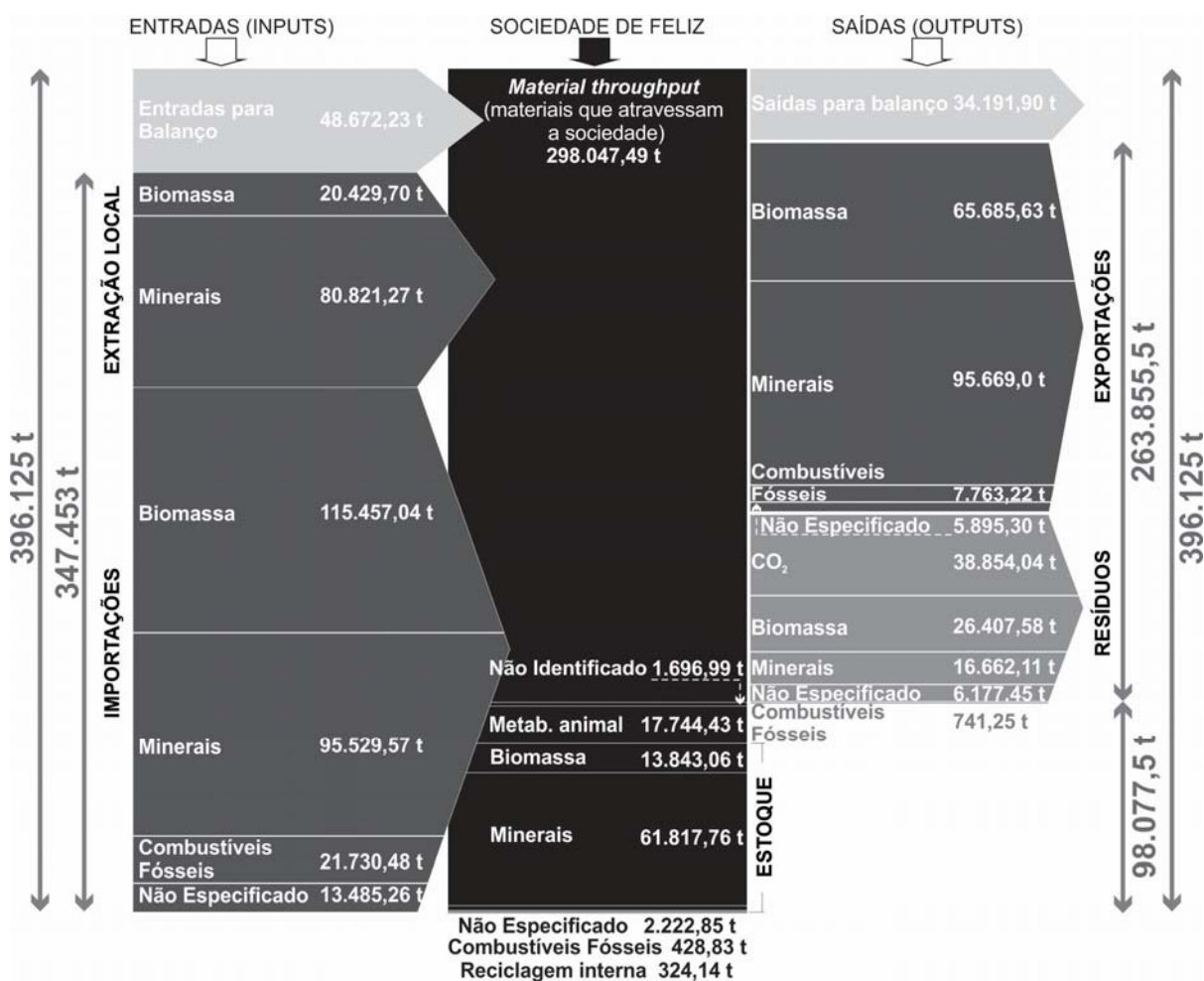


Figura 1 - Fluxos de materiais do município de Feliz, no ano de 2011, por composição, em toneladas.

2.2. METABOLISMO URBANO E CUSTOS AMBIENTAIS

Analizados a partir dos conceitos apresentados na seção anterior, os municípios são considerados sistemas abertos, dependentes do ambiente exterior para que parte de suas funções sejam supridas, através da provisão de recursos e da assimilação de resíduos.²⁵ Todos os recursos demandados pelo sistema são chamados **entradas** (*inputs*), as quais podem ser extraídas do ambiente local ou podem chegar ao sistema por meio de outros sistemas (outros municípios, por exemplo). Materiais extraídos ou processados localmente e depois exportados, assim como os materiais expelidos, depois de serem “metabolizados”, são denominados **saídas** (*output*).

Todas as interações entre o sistema e o ambiente são feitas em termos de fluxos de massa e energia, que podem ser vistas como **cadeias de causas e efeitos**. Esse desencadeamento é provocado por processos e atividades humanas, fontes de cargas

²⁵ Bai, “Industrial Ecology and the Global Impacts of Cities.”

ambientais, que, por sua vez, acarretam uma série de mecanismos intermediários até, em último grau, provocarem um impacto ambiental final. As **cargas ambientais**, entendidas como saídas diretas dos processos, apresentam-se sob a forma de consumo de recursos ou de emissões, as quais são caracterizadas pelos estudos de metabolismo. Suas decorrências imediatas são os efeitos ambientais, que se caracterizam como a primeira reação do ambiente circundante. Por fim, impactos ambientais ocorrem em decorrência dos efeitos ambientais e, usualmente, envolvem aparente perda ou ganho para a sociedade, para um grupo de pessoas ou para um indivíduo específico.²⁶

Geralmente, uma cadeia de causas e efeitos é mais longa e intrincada do que parece, sendo que, em sistemas complexos como as cidades, essas redes tendem a ser extremamente complexas. Para estudar os potenciais impactos finais de uma carga ambiental, modelos de laboratório têm sido desenvolvidos²⁷. No entanto, eles fornecem apenas representações simplificadas das verdadeiras interações ambientais, que abrangem milhares de espécies vivas e a totalidade de condições que as rodeiam. Mensurar os impactos finais das cadeias de causa e efeito é mais difícil do que mensurar aqueles intermediários ou os efeitos diretos de cargas ambientais, pois não há disponibilidade de dados confiáveis e modelos suficientemente robustos que apoiem a previsão dos impactos finais, permanecendo, assim, demasiadamente limitados.²⁸

Devido às incertezas na previsão dos impactos ambientais finais, a grande maioria dos estudos de metabolismo urbano restringe-se a estimativa das cargas ambientais (fluxos de materiais). Assim, os resultados, em geral, são predominantemente quantitativos e descritivos.

Encontrou-se, apenas, uma pesquisa buscando estimar impactos finais, a partir de procedimentos para associar os resultados de fluxos de materiais às ferramentas (softwares), próprios para Avaliação do Ciclo de Vida.

No estudo desenvolvido por Kuhn²⁹, optou-se por não converter os resultados em potenciais impactos, pois se considerou que as incertezas e imprecisões relacionadas a esses procedimentos frustrariam os esforços de se estimar os fluxos de materiais de Feliz com

²⁶ Iea Annex 31 - Energy Related Environmental Impact of Buildings, "Environmental Framework", 2004b, <http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/concepts.htm>.

²⁷ Aldo Femia e S Moll, "Use of MFA-related family of tools in environmental policy-making: Overview of possibilities, limitations and existing examples of application in practice, Working Paper P.31." (European Environment Agency, Copenhagen, 2005), 14.

²⁸ United Nations Environmental Programme, "Evaluation of environmental impacts in Life Cycle Assessment.", 2003, http://rosinant.antenna.nl/scnet/fmpro?-db=scnetres_.fp3&format=rescatpub.html&-view.

²⁹ "Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte".

maior precisão possível. Assim, a avaliação do metabolismo é feita de forma analítica ou comparativa.

A avaliação analítica é feita de diversas formas. Pode-se buscar identificar em que setores do município são observados iniciativas que promovam o fechamento dos ciclos de materiais. Outra opção é analisarem-se fluxos críticos específicos, com alto potencial contaminante. No que se refere à análise comparativa, pode-se confrontar indicadores de diferentes cidades. A figura 2 apresenta a comparação do indicador de consumo (Domestic Material Consumption - DMC), por exemplo. Ressalta-se, entretanto, que esta figura deve ser analisada com cautela, pois os estudos ilustrados foram realizados por diferentes autores, em diferentes datas. Comparações diretas demandariam o uso de fontes de dados comuns.

Por fim, os resultados também podem se avaliados a partir das categorias criadas e descritas na seção anterior, como composição.

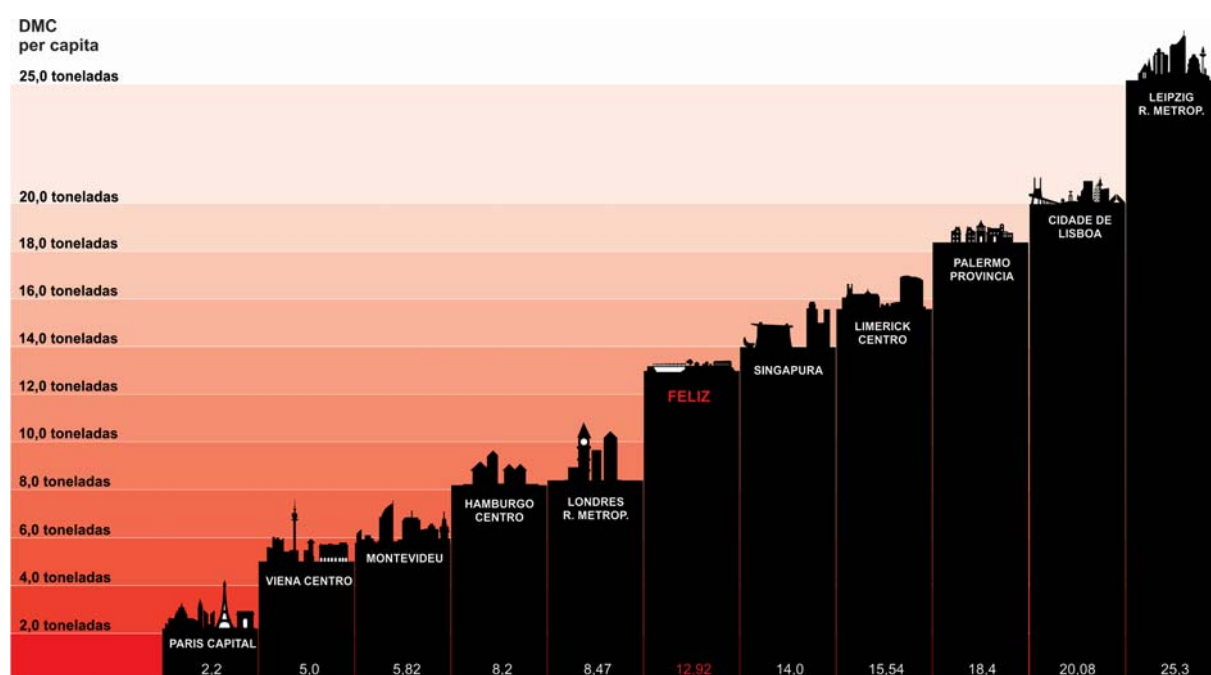


Figura 2 – Comparação dos indicadores DMC já estimados em estudos de metabolismo urbano, em toneladas per capita.

3. METABOLISMO URBANO E AS DECISÕES AMBIENTAIS

Tem-se reconhecido o variado potencial de usos dos resultados de pesquisas em metabolismo urbano como suporte às decisões ambientais, tendo em vista a riqueza de informações geradas a partir delas. Entretanto, observa-se que os estudos de metabolismo urbano em sua maior parte concentram-se no ambiente científico de modo que poucos

exemplos de aplicações como suporte à decisão em situações concretas são encontrados na literatura.

Para tornar a análise apresentada nesta seção mais objetiva, inicialmente identificam-se as três atividades principais, distintas e complementares vinculadas ao desenvolvimento urbano: gestão, planejamento e projeto. As atividades de planejamento urbano, por sua vez, podem ser dar em diferentes escalas administrativas³⁰: escala nacional, regional, macrolocal, mesolocal e microlocal.

A partir as atividades mencionadas acima, discute-se, nas subseções seguintes, o potencial de uso dos resultados de estudos de metabolismo urbano.

3.1. SUPORTE À GESTÃO MUNICIPAL

Os resultados dos estudos de metabolismo aplicados à **gestão municipal** parecem ser os mais evidentes, considerando que uma variedade de fluxos está diretamente relacionada à infraestrutura e aos procedimentos cotidianos de administração do presente. Entre eles, destacam-se os fluxos de resíduos sólidos urbanos, de resíduos de construção e de demolição, de água e de esgoto. Observa-se que as responsabilidades da gestão municipal são, em muitas regiões, pelo menos no Brasil, distribuídas entre secretarias que tratam com funções municipais específicas e que, frequentemente, também são responsáveis pelo planejamento de ações futuras. Nesse caso, provavelmente, cada órgão estaria interessado em resultados de fluxos bastante específicos, sendo mais informativos resultados detalhados, do que altamente agregados.

3.2. SUPORTE AO PLANEJAMENTO

Quanto ao suporte à decisão nas atividades de **planejamento territorial e urbano**, cada escala de ação, envolverá opções distintas. Nas **escalas nacional e regional** de planejamento, os resultados dos estudos de metabolismo agregados sob a forma de indicadores permitem monitorar e comparar municípios entre si, bem como comparar indicadores locais com indicadores regionais e nacionais. Além disso, se aplicado em escala, seria possível compreender o papel dos diferentes perfis de municípios, na rede regional e/ou nacional, no que se refere ao suprimento e ao consumo de recursos. Como consequência, seria possível estabelecer políticas ambientais e de desenvolvimento específicas.

³⁰ Marcelo Lopes de Souza, *Mudar a cidade: uma introdução ao planejamento e à gestão urbanas*. 6º ed (Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010), 54.

Na **escala local de planejamento**, uma das alternativas para a aplicação dos resultados dos estudos de metabolismo é **integrá-los aos relatórios de diagnósticos ambientais**, que sirvam de suporte ao desenvolvimento de planos e de políticas locais. Nesse sentido, parece particularmente promissor associar estudos de metabolismo ao processo de elaboração da **Agenda 21 local** ou de **planos estratégicos semelhantes**. Como exemplo dessa associação, encontraram-se três casos na literatura. O mais recente é o projeto ANAFLUMPA (Análise dos fluxos de materiais de Palermo), do qual várias corporações locais participaram, incluindo a municipalidade³¹ de Palermo e a Agência de Proteção Ambiental Regional³².

Resultados de estudos de metabolismo também podem ser usados para investigar efeitos de futuras mudanças nos fluxos municipais. Para isso, podem-se usar técnicas de elaboração de cenários associadas às tendências observadas no aumento ou redução dos fluxos de materiais, ao longo de séries temporais.

3.3. SUPORTE AO PROJETO

Quanto ao uso dos resultados de fluxos de materiais no projeto urbano, há referência ao desenvolvimento de um projeto, desenvolvido por um grupo de estudantes do curso de arquitetura do MIT, para a reconstrução sustentável de New Orleans³³.

Segundo Dielmann³⁴, projetos urbanos na escala microlocal desempenham um papel determinante, na redução dos recursos demandados e dos resíduos gerados pela construção civil, os quais correspondem a uma parte expressiva do total de fluxos urbanos em municípios de cidades em desenvolvimento. A razão disso é que as tipologias, técnicas construtivas e os materiais empregados envolverão diferentes classes e magnitudes de fluxos. Além disso, as características dessas construções também serão determinantes de uma série de fluxos futuros, sobretudo dos fluxos de energia.

Ainda segundo Deilmann³⁵, a abordagem de metabolismo também pode ser incluída no debate da influência da forma da cidade para a sustentabilidade.

³¹ O termo *municipality* é usado pelos autores.

³² Aldo Femia e Federico Falcitelli, "The ANAFLUMPA Project: Economy-wide MFA at a local level - The caso of the Italian province of Palermo", in *Book of Proceedings of ConAccount 2008. Urban metabolism: measuring the ecological city* (ConAccount 2008. Urban metabolism: measuring the ecological city, Praga: Charles University Environment Center, 2009), 409.

³³ John Fernandez e D Quinn, "Urban Metabolism: Ecologically Sensitive Construction for a Sustainable New Orleans.", 2007, http://web.mit.edu/djq/Public/Thesis/Holcim_April_07_David_Quinn.pdf.

³⁴ "Urban Metabolism and the Surface of the City", in *Guiding Principles for Spatial Development in Germany* (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009), 108, <http://www.springerlink.com/content/h63l14273620632l/>.

³⁵ Ibidem, 99.

4. POSSIBILIDADES E DESAFIOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DO METABOLISMO DE MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Apesar do reconhecimento do potencial de usos dos resultados de pesquisas em metabolismo urbano como suporte às decisões ambientais, no Brasil, este campo de investigação está em fase inicial de desenvolvimento. As duas iniciativas empreendidas originam-se do meio acadêmico e não de uma necessidade empírica de informações oriunda de órgãos de administração municipal.

Essa constatação deflagra que não há uma tendência de que os custos ambientais, tais como aqueles avaliados nos estudos de metabolismo, venham a ser considerados nos processos decisórios municipais em curto prazo. A falta de interesse por parte dos gestores está, provavelmente, relacionada ao tipo e ao local onde se manifestam os impactos ambientais decorrentes dos fluxos caracterizados pelos estudos de metabolismo.

No Brasil, as prioridades ambientais urbanas parecem ser distintas, por exemplo, daquelas da Comunidade Europeia. Segundo Niza, Rosado e Ferrão³⁶, a gestão sustentável dos recursos naturais tem recebido particular atenção da política ambiental e de desenvolvimento, na medida em que, parte dos mais importantes documentos das políticas dessa comunidade aborda essa questão.

Segundo Costa³⁷, a discussão ambiental urbana nacional parece estar concentrada em itens associados ao saneamento básico ou à saúde e à qualidade de vida. Quadro que se deve ao fato de a maior parte das cidades ainda não ter conseguido resolver o nível básico de acesso aos principais bens e serviços urbanos. Acseirad³⁸ complementa que o enfoque da qualidade de vida, em certos casos, também se deve à tentativa de promoção de uma imagem que marque a cidade por seu patrimônio biofísico, estético e cultural, de modo a atrair capitais na competição global.

Observa-se que os municípios brasileiros ainda parecem muito longe de assumirem compromissos ambientais claros e, mais longe ainda, de rever seus padrões de uso e de distribuição dos recursos, o que implicaria em rever também uma infinidade de processos e de atividades que lhes dão origem. O questionamento dos padrões de desenvolvimento e a inclusão de requisitos ambientais relacionados à gestão dos recursos são, frequentemente, associados a barreiras para o desenvolvimento econômico ou aumento da qualidade de vida

³⁶ "Urban Metabolism: Methodological Advances in Urban Material Flow Accounting Based on Lisbon Case Study", *Journal of Industrial Ecology* 13, nº 3 (2009): 384–405, doi:10.1111/j.1530-9290.2009.00130.x.

³⁷ "Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição de termos?"

³⁸ "Discursos da sustentabilidade urbana", *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais* 1 (maio de 1999): 79–89.

urbana. Além disso, os benefícios ambientais da redução dos fluxos de recursos e de resíduos, frequentemente, não são percebidos diretamente no território que os dá origem.

No que diz respeito às alternativas e desafios metodológicos para o desenvolvimento de estudos de metabolismo urbano no contexto brasileiro, a partir das duas experiências prévias desenvolvidas, demonstram-se dois caminhos. O primeiro, na linha daquele desenvolvido por Conke e Ferreira³⁹, embora mais limitado no número de fluxos de materiais estimados, encontra menos restrições relacionadas à aquisição e ao sigilo de dados. Além disso, os dados exigem, aparentemente, pouco processamento além da simples agregação.

O segundo caminho, na linha da pesquisa conduzida por Kuhn⁴⁰ e dos estudos recentes desenvolvidos no continente europeu, fornece informações adicionais e deles podem ser extraídos indicadores, que permitem a comparação do metabolismo de diferentes municípios. Pressupõe-se a possível replicabilidade do método, que, embora demandante, pode ser facilitada pelo software desenvolvido para conversão automatizada de dados.

Entretanto, este método foi estado exclusivamente em um município pequeno, de modo que a reprodução em municípios maiores ou regiões metropolitanas precisaria ser testada para verificação de seus efeitos. Um aspecto crítico da reprodução do método são as possíveis restrições de acesso a uma importante fonte de dados utilizada, a Secretaria da Fazenda, em função do sigilo fiscal.

5. Conclusões

O presente artigo teve por objetivo discutir as potenciais contribuições do conceito e da abordagem de metabolismo urbano para avaliação do custo das decisões ambientais no contexto brasileiro. O desenvolvimento dessa discussão iniciou-se com uma revisão de literatura acerca das relações entre os conceitos de ecologia urbana e de metabolismo urbano, apresentando suas origens, controvérsias e desdobramentos recentes. Dessa revisão, constatou-se que as contribuições teóricas de se adotar o conceito e a abordagem de metabolismo para avaliação dos custos ambientais estão relacionadas ao fato de se ancorarem em teorias (como a Teoria dos Sistemas) e em modelos (como os modelos de causa e efeito) consolidados.

³⁹ "Urban metabolism".

⁴⁰ "Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte".

No que se refere às contribuições práticas, discutiu-se os principais benefícios e as possibilidades de inserção nas três principais atividades vinculadas ao desenvolvimento urbano: gestão, planejamento e projeto.

Por fim, discutiram-se as possibilidades e desafios para a caracterização do metabolismo de um número maior de municípios brasileiros. Como alternativas metodológicas, constata-se já terem sido propostos dois caminhos: um simplificado, porém mais expedito, e outro mais completo, porém mais demandante. Quanto aos desafios relacionados ao interesse das administrações municipais em considerar custos ambientais em seus processos decisórios, constatou-se que, em curto prazo, essa não parece ser uma demanda espontânea.

A partir das discussões desenvolvidas, apontam-se como desejáveis os seguintes desenvolvimentos futuros nos estudos de metabolismo urbano no contexto brasileiro: a) teste da replicabilidade e aprimoramento dos métodos desenvolvidos ou adaptados ao contexto nacional; b) ampliação do número de casos estudados, buscando identificar padrões e, a partir deles, generalizações acerca da relação entre variáveis urbanas e fluxos de materiais; c) desenvolvimento de estudos de potenciais aplicações práticas, avaliando o interesse de diferentes agentes sociais, representantes de diversos setores municipais.

BIBLIOGRAFIA

Acseirad, Henri. "Discursos da sustentabilidade urbana". *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais* 1 (maio de 1999): 79–89.

Alberti, Marina. "Measuring urban sustainability". *Environmental Impact Assessment Review* 16, nº 4–6 (1996): 381–424. doi:10.1016/S0195-9255(96)00083-2.

Bai, Xuemei. "Industrial Ecology and the Global Impacts of Cities." *Journal of Industrial Ecology* 11, nº 2 (Spring 2007 de 2007): 1–6. doi:Article.

Broto, Vanesa Castán, Adriana Allen, e Elizabeth Rapoport. "Interdisciplinary Perspectives on Urban Metabolism". *Journal of Industrial Ecology* 16, nº 6 (2012): 851–861. doi:10.1111/j.1530-9290.2012.00556.x.

Cidade, Lúcia Cony F. "A questão ambiental urbana: perspectivas de análise". *Anais: Encontros Nacionais da ANPUR* 6, nº 0 (1 de fevereiro de 2012). <http://unuhospedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/anais/article/view/1606>.

Conke, Leonardo S., e Tainá L. Ferreira. "Urban metabolism: Measuring the city's contribution to sustainable development". *Environmental Pollution* 202 (julho de 2015): 146–52. doi:10.1016/j.envpol.2015.03.027.

Costa, Heloisa. "Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição de termos?" *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais* 2, nº 2 (1999): 55–71.

Deilmann, Clemens. "Urban Metabolism and the Surface of the City". In *Guiding Principles for Spatial Development in Germany*, 1–16. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. <http://www.springerlink.com/content/h63114273620632/>.

Eurostat. "Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide." Luxembourg: Statistical Office of the European Union, 2001.

Femia, Aldo, e Federico Falcitelli. "The ANAFLUMPA Project: Economy-wide MFA at a local level - The caso of the Italian province of Palermo". In *Book of Proceedings of ConAccount 2008. Urban metabolism: measuring the ecological city*, 408–29. Praga: Charles University Environment Center, 2009.

Femia, Aldo, e S Moll. "Use of MFA-related family of tools lin environmental policy-making: Overview of possibilities, limitations and existing examples of application in practice, Working Paper P.31." European Environment Agency, Copenhagen, 2005.

Fernandez, John, e D Quinn. "Urban Metabolism: Ecologically Sensitive Construction for a Sustainable New Orleans.", 2007.
http://web.mit.edu/djq/Public/Thesis/Holcim_April_07_David_Quinn.pdf.

Fischer-Kowalski, Marina. "Society's Metabolism". *Journal of Industrial Ecology* 2, nº 1 (1998): 61–78. doi:10.1162/jiec.1998.2.1.61.

Iea Annex 31 - Energy Related Environmental Impact of Buildings. "Environmental Framework", 2004b. <http://annex31.wiwi.unikarsruhe.de/concepts.htm>.

Kennedy, Christopher, John Cuddihy, e Joshua Engel-Yan. "The Changing Metabolism of Cities". *Journal of Industrial Ecology* 11, nº 2 (2007): 43–59. doi:10.1162/jie.2007.1107.

Kennedy, Christopher, e Daniel Hoornweg. "Mainstreaming Urban Metabolism". *Journal of Industrial Ecology* 16, nº 6 (2012): 780–82.

Kennedy, Christopher, S. Pincetl, e P. Bunje. "The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design". *Environmental Pollution* In Press, Corrected Proof (2010). doi:10.1016/j.envpol.2010.10.022.

Kuhn, Eugenia Aumond. "Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz, RS". Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/96657>.

Mota, Suetônio. *Planejamento urbano e preservação ambiental*. Fortaleza: Edições UFC, 1981.

Munford, Lewis. *The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects*, 1961.

Niza, Samuel, Leonardo Rosado, e Paulo Ferrão. "Urban Metabolism:Methodological Advances in Urban Marerial Flow Accounting Based on Lisbon Case Study". *Journal of Industrial Ecology* 13, nº 3 (2009): 384–405. doi:10.1111/j.1530-9290.2009.00130.x.

Rogers, Richard, e Philip Gumuchdjian. *Cidades para um pequeno planeta*. 1º ed. São Paulo: Gustavo Gili (BR), 2014.

Silva, Sandra. "Indicadores de sustentabilidade urbana: as perspectivas e as limitações da operacionalização de um referencial sustentável". Dissertação (Mestrado em Engenharia

Urbana), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2000.

Souza, Marcelo Lopes de. *Mudar a cidade: uma introdução ao planejamento e à gestão urbanos*. 6º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

United Nations Environmental Programme. "Evaluation of environmental impacts in Life Cycle Assessment.", 2003. http://rosinant.antenna.nl/scnet/fmpro?-db=scnetres_.fp3&format=rescatpub.html&-view.

United Nations Human Settlements Programme - UN-HABITAT. *The Habitat Agenda*. Istanbul: UN-HABITAT, 1996.

Wolman, Abel. "The Metabolism of Cities". *Scientific American* 213 (1965): 179–90.