



O Sistema de Informação Geográfica em pesquisas sobre ambiente, atividade física e saúde

The Geographic Information System in environment, physical activity and health researches

AUTORES

Adalberto Aparecido dos Santos Lopes^{1,2}
Adriano Akira Ferreira Hino^{2,3}
Edilberto Nunes de Moura⁴
Rodrigo Siqueira Reis^{1,2,4,5}

1 Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

2 Grupo de Pesquisa em Atividade Física e Qualidade de Vida, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil.

3 Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil.

4 Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil.

5 Prevention Research Center, Brown School, Washington University in St. Louis, Saint Louis, Estados Unidos.

CONTATO

Adalberto Aparecido dos Santos Lopes
aadalberto@hotmail.com
Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho, Curitiba, Paraná, Brasil.
CEP: 80215-901.

DOI

10.12820/rbafs.23e0065



Este obra está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional.

RESUMO

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta importante para o gerenciamento e análises de dados geográficos relacionados com políticas, programas e desfechos no contexto da atividade física e saúde. O objetivo desse estudo é descrever os métodos e a aplicação do SIG para avaliar o ambiente relacionado à atividade física e a saúde. Algumas etapas são essenciais para o emprego do SIG, incluindo desenvolvimento de conhecimentos fundamentais à operação da ferramenta, identificação e domínio dos programas computacionais adequados às características do projeto de pesquisa, aquisição dos dados espaciais, criação e análise de indicadores e por fim a representação das informações espaciais. As informações derivadas do SIG permitem uma exatidão nas análises relacionadas a comunidades amplas, como bairros e cidades. O emprego de receptor GPS (*Global Positioning System*) e acelerômetro, por exemplo, pode ampliar o detalhamento de informações sobre aonde, quem, quando e quais atividades físicas são realizadas. Além disso, informações obtidas por meio de observação sistemática e auto relatos podem adicionar aspectos sobre a qualidade dos locais em que as atividades físicas são realizadas. Conclui-se que o emprego do SIG, em conjunto com outros métodos, pode auxiliar a compreensão sobre o papel das mudanças ambientais e políticas públicas voltadas ao ambiente, sobre os níveis populacionais de atividade física, assim como propiciar evidências que auxiliem o planejamento de cidades mais saudáveis.

Palavras-chave: Análise espacial; Meio ambiente; Planejamento urbano; Atividade motora; Saúde.

ABSTRACT

The Geographic Information System (GIS) is an important tool for managing and analysing geographic data related to policies, programs and outcomes in the context of physical activity and health. The Aim of this study is to describe the methods and the application of GIS to assess the environment related to physical activity and health. Some steps are essential for the use of GIS, including development of fundamental knowledge for the operation of the tool, identification and mastery of the computational programs appropriate to the characteristics of the research project, acquisition of spatial data, creation and analysis of indicators and, finally, spatial information representation. The information derived from GIS allows accuracy in analyses related to large communities, such as neighbourhoods and cities. The use of GPS devices (Global Positioning System) and accelerometer, for example, can expand the detail of information on where, who, when and what physical activities are performed. In addition, information obtained through systematic observation and self-reports can add aspects about the quality of the places where physical activities are performed. In conclusion, the use of GIS, joining with other methods, can be helpfully to understand the role of environmental changes and public policies aimed at the environment, population levels of physical activity, besides providing evidence that helps to plan healthier cities.

Keywords: Spatial analysis; Environment; Urban planning; Motor activity; Health.

Introdução

Em nível global, estima-se que 27,5% da população adulta¹ e 80,1% da adolescente² seja fisicamente inativa. Níveis pandêmicos de inatividade física têm provocado mais de 5,3 milhões de mortes no mundo³, com custos elevados para as economias, em especial nos países de renda média e baixa⁴. Este cenário tem posicionado a

atividade física no centro de políticas e intervenções para promoção da saúde⁵. Tais políticas e intervenções têm destacado o papel das alterações no ambiente urbano de maneira a ampliar acesso, condições e segurança para tornar a atividade física parte do cotidiano nas cidades⁶. Estas alterações incluem modificações nos ambientes construídos pelo homem, como praças, par-

ques, sistemas viários, estruturas de transporte público, calçadas, ciclovias, entre outros⁷.

Conceitualmente, alterações no ambiente, têm potencial de alcançar maior número de pessoas e apresentam efeito mais duradouro do que intervenções com enfoque em mudanças individuais⁸. No entanto, as evidências sobre os efeitos de modificações do ambiente urbano sobre níveis de atividade física ainda são inconsistentes⁹. Em grande parte, as inconsistências são atribuídas a baixa variabilidade na exposição dos ambientes, uma vez que a quase totalidade das avaliações de intervenções deste tipo são oriundas de países de renda alta⁸. Além disto, os exemplos existentes em países de renda média e baixa não foram ainda adequadamente avaliados⁵. Finalmente, aspectos relacionados à disponibilidade e qualidade das informações e medidas sobre ambiente limitam sua investigação¹⁰. Neste sentido, é fundamental dispor de métodos e medidas de avaliação do ambiente relacionado a atividade física e saúde que sejam válidas e comparáveis.

As medidas das características do ambiente podem ser classificadas em: medidas percebidas; medidas baseadas na observação sistemática; e medidas baseadas em SIG (Sistema de Informação Geográfica)^{7,11}. Em suma, as medidas percebidas do ambiente são baseadas na percepção das pessoas sobre as características do lugar em que estas estão expostas, como seu bairro, ambiente de trabalho, escola ou mesmo o lar¹¹. Em geral, tais medidas demonstram fidedignidade adequada em diferentes grupos populacionais^{12,13}, enquanto a validade é em geral baixa ou moderada¹⁴. Ainda que úteis pelo baixo custo e facilidade de uso, tais medidas sofrem grandes vieses de resposta tanto em decorrência de normas sociais, experiências anteriores e mesmo o conhecimento sobre os locais em que vivem¹⁵. A observação sistemática do ambiente consiste no registro de eventos e objetos por meio de um observador, de forma presencial ou através de imagens, que permite registrar a quantidade e a qualidade do ambiente, em termos de características da microescala^{11,16}. Apesar da elevada objetividade e relativa facilidade de aplicação, o emprego deste método é restrito a áreas urbanas específicas, como parques, rotas ou local de trabalho, em face ao elevado tempo e custo para a obtenção dos dados^{16,17}. Finalmente, o SIG consiste em um conjunto de ferramentas para obtenção, armazenamento, análise e representação de dados espaciais¹¹ que tem sido empregado como alternativa para avaliar áreas mais amplas, como bairros e cidades, em termos de caracterís-

ticas da macroescala do ambiente, podendo melhorar a variabilidade de exposição¹⁰. Contudo, este método requer não apenas o emprego de técnicas e *softwares* específicos ao SIG, mas a compreensão sobre quais aspectos são relevantes para estudos desta natureza.

Identificar as aplicabilidades do SIG, como tendência de tecnologia em investigações sobre atividade física e saúde, possibilita o fornecimento de dados e informações que priorizem características mais relevantes para o planejamento das cidades, direcionando investimentos e recursos públicos para implantação de mobiliário urbano que produza efeito real no cotidiano da população, avaliando espaços de lazer e serviços de saúde públicos, auxiliando no controle e combate a epidemias e gerando soluções práticas, viáveis e impactantes de serem implementadas por gestores^{18,19}. Contudo, o incipiente domínio técnico da ferramenta acaba se refletindo no baixo volume de estudos que a empregam²⁰. Neste sentido, diante da necessidade de aprimorar as investigações sobre a temática, o presente estudo tem como objetivo descrever os métodos e a aplicação do SIG para avaliar o ambiente relacionado à atividade física e a saúde.

Método

O SIG é uma ferramenta computacional capaz de realizar análises complexas de grande quantidade de dados geográficos, organizados em bancos de dados, possibilitando representações gráficas, principalmente na forma de mapas²⁰. As aplicações do SIG são diversas, passando por estudos de impacto ambiental, planejamento territorial e acompanhamento do desenvolvimento de obras e serviços públicos ou privados. A disseminação do uso desta ferramenta se deve, em parte, à possibilidade de integrar rotinas de programação para manipular grande quantidade de informação sobre o mundo “real”, através de coordenadas geográficas, permitindo análises espaciais²⁰. A Figura 1 apresenta um modelo estrutural das etapas necessárias para se desenvolver uma pesquisa que envolva o SIG. Sugere-se inicialmente uma capacitação técnica para conhecimentos fundamentais à operação da ferramenta, seguido da identificação e domínio do programa que melhor se adequa às necessidades do projeto, aquisição dos dados espaciais, criação e análise dos indicadores e, por fim, a representação das informações obtidas do processamento dos dados.

Resultados

Conhecimentos fundamentais

A utilização do SIG em projetos de pesquisa requer do-

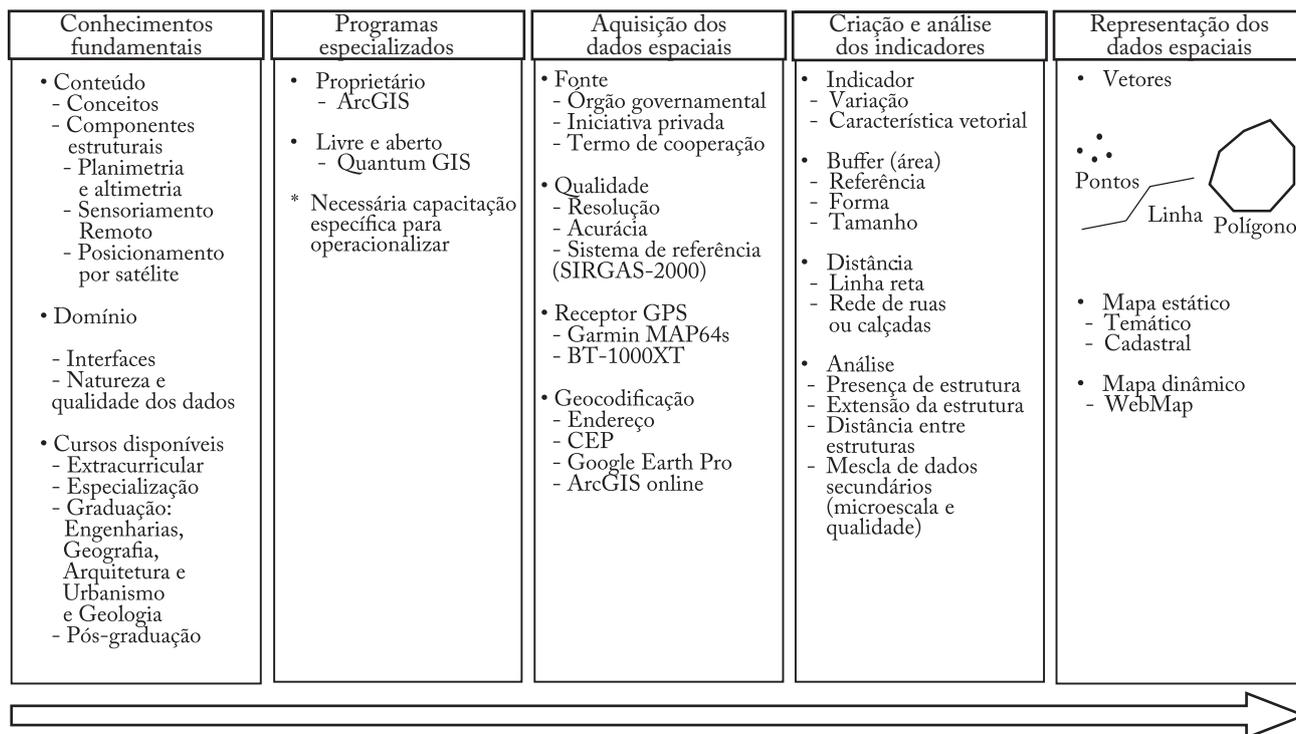


Figura 1 – Modelo estrutural das etapas recomendadas para utilização do SIG em estudos sobre ambiente, atividade física e saúde.

mínio de seus fundamentos, do conceito de espaço e dados geográficos e dos componentes de sua estrutura, como planimetria (método de mensuração de superfícies planas), altimetria (método de mensuração de altitudes), sistema de posicionamento por satélite, noções de aerofotogrametria (levantamento fotográfico da Terra, feito por aeronaves) e sensoriamento remoto (método de mensuração de informações climáticas, geológicas e afins da superfície da Terra, obtidas por satélites). Além do gerenciamento das interfaces, da natureza e da qualidade dos dados espaciais, as diferentes formas de representação, bem como a identificação e correção dos possíveis erros encontrados no processamento dos dados geográficos. Tais conteúdos são usualmente encontrados nas matrizes curriculares das áreas de Engenharia, Geografia, Arquitetura, Urbanismo e Geologia. Todavia, são raramente incluídos nos currículos dos cursos de graduação ou mesmo pós-graduação nas áreas de saúde, limitando a formação de pesquisadores com interesse nesta temática. De fato, o estímulo a inserção desta área de conhecimento na formação de profissionais da atividade física e saúde pode potencializar a avaliação e o monitoramento das características urbanas que afetam as condições de saúde da população.

Apesar dessa defasagem nas matrizes originais, para utilização do método em investigações, o conhecimen-

to desses conteúdos pode ser adquirido por meio de cursos extracurriculares, presenciais ou virtuais, que introduzem de maneira simplificada e didática as principais funcionalidades das ferramentas disponíveis no mercado, ou de cursos mais extensos e avançados de especialização que abordam essas temáticas de forma aplicada. De todo modo, a interprofissionalidade é indispensável na estruturação de um projeto de pesquisa sobre ambiente e saúde, pois requerem a colaboração de especialistas com amplo entendimento dos conceitos das áreas correlatas, que vão além do domínio prévio das funcionalidades das ferramentas disponíveis²⁰.

Programas especializados

Atualmente é possível identificar um grande número de programas computacionais para criar, gerenciar e analisar dados geográficos²¹. Alguns destes podem ser considerados mais relevantes, devido à popularidade alcançada, tanto pela interface amigável, como pelos recursos disponíveis nas versões básicas e preços acessíveis. O *software* ArcGIS é atualmente o mais requisitado e utilizado em estudos que envolvem ambiente, atividade física e saúde, devido a sua grande diversidade de recursos e produtos, ampla rede de suporte e um grande portfólio de cursos e treinamentos disponíveis. No entanto, por se tratar de um “*software* proprietária-

rio”, o mesmo é acessível apenas mediante aquisição de licença. Por outro lado, alguns “*softwares* abertos” e de domínio livre também possibilitam a execução de muitas tarefas fundamentais para a pesquisa com SIG, como o Quantum GIS²². Assim, a escolha pelo *software* dependerá exclusivamente dos recursos disponíveis e da capacitação específica adquirida para seu emprego. Ainda, independente do programa, seu uso deve considerar as rotinas existentes em protocolos de mensuração que possibilitem comparações entre estudos²³.

Aquisição dos dados espaciais

No Brasil, algumas instituições privadas detêm dados espaciais, porém o uso é restrito às empresas e o acesso acontece apenas por meio de contrato comercial ou termos de cooperação técnica. Os municípios dispõem de dados espaciais gerados por órgãos públicos, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), responsável pela criação, catalogação, atualização e disponibilização de mapas, malhas digitais e informações do censo demográfico a nível de setor censitário. Em geral, tais informações requerem complementação ou atualização, para que projetos de pesquisa possam ser adequadamente executados. Por exemplo, o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) disponibiliza arquivos em sua página de internet de forma gratuita, assim como informações técnicas sobre a obtenção dos dados e suas respectivas extensões de armazenamento. Apesar de frequentemente atualizados e de fácil localização, esses dados não foram obtidos especificamente com a finalidade de serem utilizados em estudos sobre atividade física e saúde. Isso implica a necessidade de filtrar as informações contidas nestes arquivos ou ainda incrementar com dados secundários²⁴, como feito por Silva et al.²⁵ que combinaram informações do uso das academias ao ar livre e prática de atividade física de adultos de Curitiba, Paraná com a distância até as estruturas. De fato, uma maior disponibilização ou cooperações técnicas possibilitaria maior acesso e compartilhamento de dados espaciais entre órgãos, instituições, institutos e universidades para agregar recursos as investigações.

Ainda, independente da fonte dos dados é preciso considerar seu nível de resolução, que determina a sua acurácia. No território brasileiro a adoção do sistema SIRGAS-2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, 2000) segue a tendência atual, que tem por objetivo a manutenção de uma rede de referência de alta precisão para o continente e, portanto,

o mais indicado para utilização neste contexto.

Nas situações em que os dados necessários ainda não estão espacialmente localizados em bases de dados em uso, existe a possibilidade de realizar o seu georreferenciamento. Diversas técnicas e ferramentas podem ser utilizadas para esta tarefa, incluindo o *Global Positioning System* (GPS) e a importação de informações de bases secundárias. O receptor GPS pode ser utilizado para georreferenciar atributos específicos por meio de suas coordenadas. Silva et al.²⁶, no estudo realizado em Pelotas, Rio Grande Sul, obtiveram informações sobre a localização espacial de ciclovias próximas às residências amostradas em um inquérito com adolescentes, por meio de um receptor GPS modelo Garmin MAP64s. Todavia, por este procedimento requerer visitas a cada ponto de interesse, o seu emprego pode aumentar o tempo e o custo da pesquisa, se houver grandes quantidades de itens a serem georreferenciados. Este tipo de equipamento pode ser utilizado também para identificar rotas percorridas, locais frequentados e até mesmo o tipo de deslocamento realizado (a pé, de bicicleta ou motorizado)^{27,28}. Alberico et al.²⁹ em um estudo realizado em Curitiba, Paraná utilizaram um receptor GPS, modelo BT-Q1000XT com registro de localização a cada 15 segundos, para identificar rotas utilizadas por adolescentes no trajeto até a escola. Apesar deste modelo de equipamento possibilitar a ampliação dos pontos espaciais identificados, a grande quantidade de informações capturadas para cada participante apresenta dificuldade no processamento dos dados, tornando-o lento e pesado. Além disto, é importante identificar se a região de interesse da pesquisa possui cobertura adequada de satélite ou se os participantes passam muito tempo em locais com baixa penetração de sinal, como prédios ou andares subterrâneos, comprometendo assim a aquisição das informações.

Outro caminho é a mescla de diferentes bases com dados já espacializadas ou com possibilidade de espacialização. Nakamura et al.³⁰ em Rio Claro, São Paulo, obtiveram com uma empresa privada, informações sobre a rede de ruas da cidade. Em seguida, utilizaram o endereço provido pela prefeitura e lista telefônica para georreferenciar as ciclovias, bancos, igrejas, escolas, pontos de ônibus e locais particulares para prática de atividade física da cidade. De maneira similar, Hino et al.³¹ em Curitiba, Paraná, empregaram a base de dados da rede de ruas, disponibilizada pelo IPPUC, para georreferenciar domicílios de 1.206 respondentes de um inquérito telefônico. Atualmente, é possível geor-

referenciar de forma rápida e automatizada qualquer evento, objeto e local ou seus conjuntos, por meio do “*Google Earth Pro*” ou da plataforma baseada em nuvem do “*ArcGIS online*”, apenas com uma planilha contendo o Código de Endereçamento Postal (CEP), nome do logradouro e número do zoneamento. Estas ferramentas permitem importar e exportar arquivos com variadas extensões, executáveis na maioria dos *softwares* livres e proprietários, possibilitando visualização e edição de feições, além de calcular a geometria do terreno, tendo imagens de satélite de base. Apesar

da combinação de diferentes bases de dados possibilitarem a espacialização de uma quantidade grande de locais, de maneira automatizada, erros de classificação podem ocorrer, exigindo constante e elevado controle de qualidade durante o processamento.

Criação e análise dos indicadores

Após a aquisição e o georreferenciamento das informações de interesse, é necessário elaborar indicadores específicos para as hipóteses de pesquisa levantadas. Na Tabela 1 é possível identificar alguns exemplos práticos

Tabela 1 – Indicadores do ambiente, obtidos por SIG, relacionados com atividade física e saúde. Exemplos de Curitiba, Brasil.

Indicador	Varição	Característica vetorial	Fonte de dados	Descrição/aplicação
Transporte público	Ponto de ônibus	Ponto	IPPUC ^F	Diariamente utilizado pela população como meio de deslocamento, possibilita identificar a acessibilidade e a quantidade de estruturas de transporte público presentes. Podendo conter informações de linhas disponíveis, horários, preços do bilhete e destinos ⁴⁸ .
	Estação de ônibus expresso			
	Estação de BRT			
	Terminal	Ponto/Polígono		
	Sistema viário	Linha		
Ciclovias	Ciclovias	Linha	IPPUC ^F	Segmentado por tipo de utilização e/ou característica física da estrutura, determinam a quilometragem disponível de cada trecho da ciclovias ⁴⁹ .
	Ciclofaixa			
	Ciclorrota			
Espaço público de lazer (EPL)	Parque	Ponto/Polígono	IPPUC ^F	Viabiliza apresentar dados sobre características dos mais variados tipos de EPL ⁵⁰ levando em consideração a presença das estruturas, dimensão da área construída e quantidade de estruturas voltadas para a prática de atividade física que estejam contempladas. Agregando a utilização de outras ferramentas pode-se obter também dados de qualidade ⁵¹ das estruturas.
	Praça			
	Academia ao ar livre			
	Ruas da cidadania			
Uso do solo	Residencial	Ponto/Polígono	IPPUC ^F	Forte correlato da atividade física ⁸ , este atributo é capaz de fornecer informações detalhadas da diversidade de uso do solo, podendo ser classificado em tipo de estrutura, dimensão da área construída, licença e características do zoneamento.
	Comercial			
	Entretenimento/Recreativo			
	Cívico/Institucional			
	Lote vazio ou desapropriado			
Arruamento	Segmento de rua	Linha	IPPUC ^F	Como complemento aos dados gráfico é possível vincular informações do Código de Endereçamento Postal (CEP), nome do logradouro, numeração do zoneamento e em casos específicos sentido da via. Ainda, a partir dessas informações o georreferenciamento de endereços e a criação de buffers que levem em conta a rede de ruas como o “buffer em rede” e “sausage buffer” podem ser calculados ^{52,53} .
	Conectividade de rua	Ponto		
Sociodemográficas	Densidade domiciliar	XLS ou DBF*	IBGE ^T	Informações agregadas em planilhas são obtidas através do censo demográfico realizado pelo IBGE, a nível de setor censitário, permitindo identificar a média das características dos domicílios e pessoas investigadas.
	Densidade populacional			
	Características individuais			
	Renda média			
Unidade territorial	Lote	Polígono	IBGE ^T IPPUC ^F	Organizada da menor para a maior unidade territorial, estas áreas contidas em ambiente urbano e rural possuem uma dimensão adequada à realização de levantamentos que seu conjunto esgote a totalidade territorial, garantindo sua plena cobertura ³³ .
	Quadra			
	Setor censitário			
	Bairro/Regional			
	Município/Estado			

^F = IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba >> <http://www.ippuc.org.br> <<; ^T = IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística >> <https://www.ibge.gov.br> <<. *XLS – Extra Luxe Standard, arquivo de Excel; DBF – Data base file.

de indicadores do ambiente relacionados com a atividade física e saúde. Atrelado a isto, são destacadas as possibilidades de variação desses atributos, características vetoriais para cada tipo de dado existente, fonte de dados na cidade de Curitiba, Paraná e potenciais aplicações na área. Em termos de análise, uma única camada de feições, ou múltiplas camadas atuando de maneira sobreposta, permitem o emprego de estatísticas descritivas, densidades, incidências, correlação, agregação de espaço-tempo, dentre outros. Ainda, é possível combinar em uma mesma análise vários indicadores, gerando escores como *liveability*³², *walkability*³³ e *bikeability*³⁴. Conceitos de habitabilidade e mobilidade urbana que visam compreender os atributos do ambiente das cidades, em termos de planejamento sustentável de moradia e promoção de caminhada e uso de bicicleta como modais alternativos de transporte.

Os indicadores podem variar de maneira substancial, mas são usualmente estabelecidos segundo *buffer* ou distância. *Buffer* pode ser traduzido para o português como a “área” ou “limite” de abrangência espacial para o qual serão computados os indicadores desejados, podendo variar quanto a sua referência, forma e tamanho, os quais são determinados pelo pesquisador segundo as hipóteses e características que podem afetar a relação com o desfecho estudado³⁵. Um *buffer* pode ser criado com referência a vetores de pontos, linhas ou polígonos, como domicílios e escolas, extensão de uma rota predeterminada ou a área de um parque, respectivamente.

A forma do *buffer* pode ser delimitada segundo a melhor representação da área que se pretende analisar, podendo este ser circular ou baseado na rede de ruas ou calçadas, considerando o ambiente ao qual o objeto de estudo estiver exposto. Um “*buffer* circular” é constituído com base no centro espacial do objeto de interesse, abrangendo uma área de mesmo raio até suas bordas. Um “*buffer* em rede”, todavia, é constituído de rotas possíveis de serem percorridas, como ruas ou calçadas, resultando assim em uma área com raios distintos até suas bordas, levando em consideração as distâncias predeterminadas (Figura 2). Mais recentemente, o “*sausage buffer*” foi proposto considerando somente locais que podem ser acessados em uma distância de 25 ou 75 metros a partir do ponto central da rua ou da calçada. Frank et al.³⁵ identificaram que, apesar do “*buffer* em rede” ou o “*sausage buffer*” gerarem medidas com valores diferentes, as associações entre os indicadores que o contemplam e a atividade física de lazer são consistentes entre os dois formatos.

Os tamanhos de *buffer* usualmente encontrados na literatura são de 500 e 1.000 metros (Figura 2). Porém, sua criação depende da hipótese de pesquisa, da base conceitual, de evidências empíricas, do desfecho e do objeto a ser estudado. Por exemplo, para a prática de caminhada é possível que as distâncias percorridas sejam menores do que aquelas empregadas para avaliar a exposição a ambientes relacionados com o uso de bicicleta³⁶. Da mesma maneira, se o objeto de estudo for uma população idosa³⁷, é possível que as distâncias caminhadas sejam ainda menores do que aquelas percorridas por adultos jovens³⁶.

Estabelecida a referência, forma e tamanho do *buffer* é possível determinar os atributos de interesse, expostos nestas áreas. Usualmente é computado a quantidade de estruturas contidas no espaço, como por exemplo o número de paradas de ônibus ou de academias e clubes presentes (Figura 2A), ou ainda determinar a extensão de uma ciclovia em uma área determinada (Figura 2B). É possível identificar também quanto da área de determinada estrutura, como parque ou praça está contida dentro do *buffer* (Figura 2C). Nos casos em que se deseja conhecer a distância entre dois pontos como, por exemplo, entre o domicílio dos participantes de um estudo e o parque mais próximos é possível estabelecer a menor distância em linha reta, entre os pontos de interesse, ou ainda a menor distância considerando a rede de ruas ou calçadas, o que permitiria uma melhor representação das rotas que poderiam ser adotadas para um real trajeto (Figura 2D).

Representação dos dados espaciais

Os vetores são os mais comumente utilizados na representação dos dados de SIG, pela sua dinamicidade e interatividade com o usuário de mapas temáticos e/ou cadastrais. Com sua representação composta por ponto, linha e polígono, permite representar objetos com limites bem definidos e associar inúmeros indicadores de forma sobreposta, com grande precisão na disposição dos dados. Assim, os mapas temáticos contêm regiões geográficas definidas por um ou mais vetores como, por exemplo, a delimitação da área de um parque que possibilita identificar o exato local em que este começa e termina (Figura 2C). Os mapas cadastrais contêm elementos ou características atreladas as informações visuais como, por exemplo, a extensão em metros de uma rota entre estruturas (Figura 2D). Alguns *softwares* fornecem uma exibição interativa das informações geográfica, como o *webmap* do ArcGIS, que permite identificar quantos e quais comércios podem ser acessados

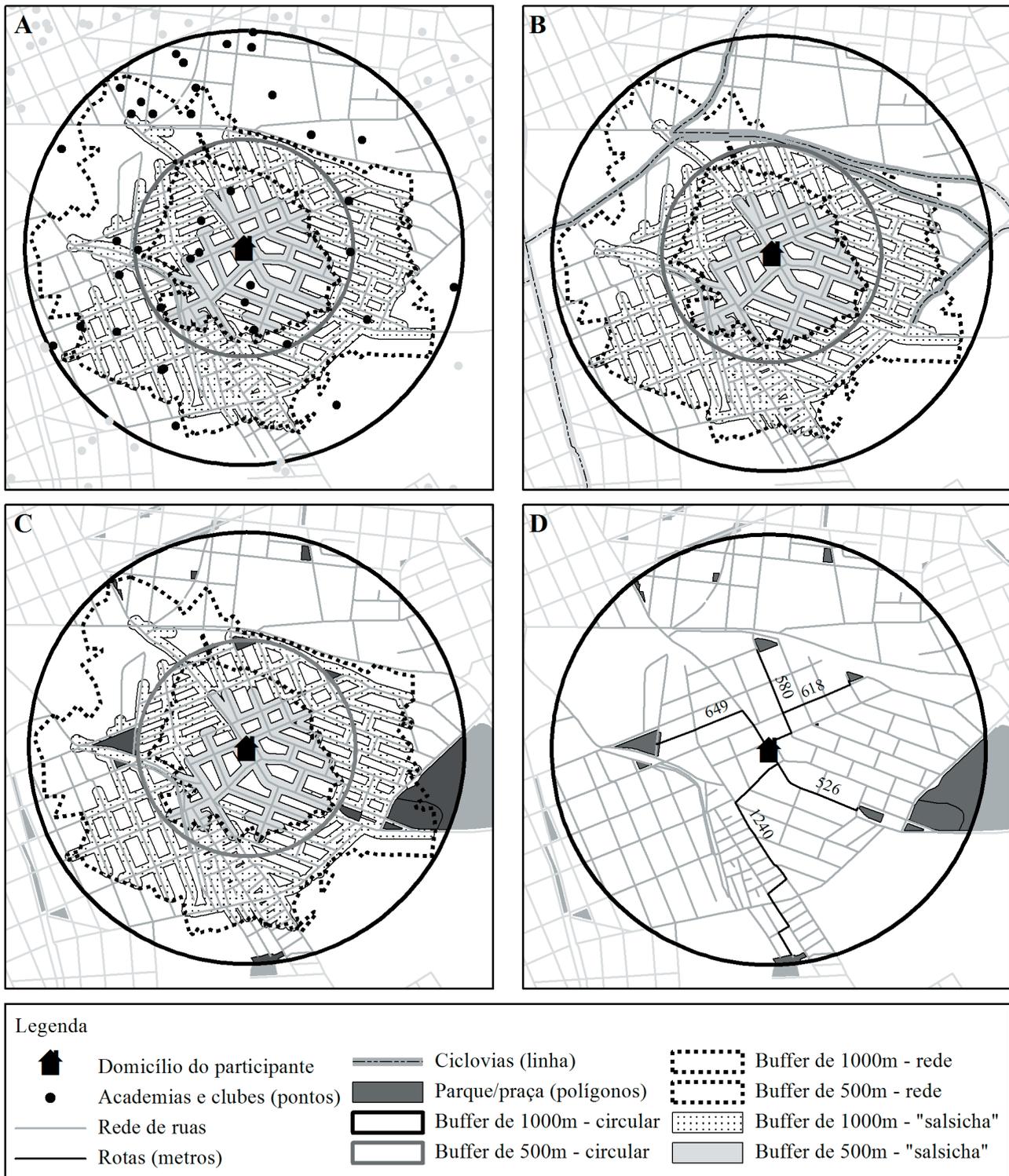


Figura 2 – Exemplo das diferentes formas de buffer, em distintos tamanhos e sua relação com as características do ambiente, representadas por pontos (A), linhas (B) e polígonos (C), além da menor distância pela rede de ruas (D).

em uma caminhada de 10 minutos. Estes conjuntos de informações podem ser acessados facilmente em vários dispositivos portáteis com interfaces amigáveis, tornando seu uso útil para disseminação e consulta dos dados.

Discussão

Compreender a relação do ambiente com os hábitos de vida de sua população é fator crucial para criar estratégias e oportunidades de, em qualquer momento da vida, os

cidadãos poderem utilizar as cidades de forma mais ativa⁵. Para tanto, é imprescindível utilizar métodos capazes de capturar, com o maior nível de precisão, a realidade enquanto estrutura física do ambiente em que a população está inserida²³. Apesar das evidências de causalidade dos correlatos ambientais da atividade física serem ainda incipientes, o SIG tem se mostrado um método emergente na busca de melhor compreender essa relação, podendo ser utilizado em várias etapas de uma pesquisa. Sallis et al.³⁸, por exemplo, utilizou o SIG primeiramente para a seleção de áreas com diferentes características de *walkability* e renda para que então a amostra do estudo fosse obtida destas áreas. Dependendo da organização dos dados disponíveis, o SIG pode auxiliar no processo de amostragem dos participantes de um estudo³⁹.

No Brasil, ainda é incipiente a utilização desta ferramenta em estudos na área da atividade física e saúde. Apesar das primeiras evidências da associação entre o ambiente com a prática de atividade física terem surgido em 2009⁴⁰, as primeiras aplicações do SIG em estudos da área foram publicadas somente em 2011. Hino et al.³¹ analisaram as características do ambiente do bairro, definido como área um raio de 500 metros no entorno do domicílio dos participantes do estudo, por meio do SIG. No mesmo ano, Jaime et al.⁴¹ analisaram características como densidade de parques, estrutura e acessibilidade a transporte público em um estudo ecológico com a atividade física, hábitos alimentares e o Índice de Massa Corporal como desfechos. No entanto, desde os primeiros estudos realizados, ainda são poucos os que utilizam medidas objetivas do ambiente. Em 2013, Mendes et al.⁴², georreferenciaram parques, praças e outros locais para prática de atividade física e, 3.404 participantes do sistema de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL), realizados em 2008 e 2009. Nakamura et al.³⁰ foram um dos primeiros a utilizar o SIG em estudos de atividade física em cidades de pequeno a médio porte. Após obter dados de ciclovias, bancos, igrejas, escolas, ponto de ônibus, locais particulares e públicos para a prática de atividade física com uma empresa privada estes foram georreferenciados e utilizados como indicador em estudo com adultos. Mais recentemente Alberico et al.²⁹ combinaram os métodos de SIG, receptor GPS e acelerômetro para descrever a quantidade de tempo que uma amostra de 80 adolescentes de Curitiba, Paraná permaneceu realizando atividade física e/ou em comportamento sedentário, estratificando pelos domínios casa, escola, transporte e lazer.

O SIG apresenta propriedades importantes que poucos métodos podem fornecer. A exatidão das características presentes no ambiente, obtida nas análises, é superior a qualquer outra medida em macroescala. Por exemplo, a distância do domicílio de uma pessoa até o ponto de ônibus mais próximo pode ser calculada com grande exatidão. Assim como o cálculo da densidade populacional dentro de uma determinada área. Entretanto, alguns cuidados devem ser observados ao analisar os dados por meio do SIG. As informações disponibilizadas por diversas instituições geralmente não são coletadas para utilização em análises que envolvam atividade física e saúde, logo, a qualidade destes dados pode não ser suficiente para capturar características importantes, as quais podem afetar os desfechos de interesse. Por exemplo, é desconhecida uma base de dados de SIG, existente e de acesso livre, que permita identificar a presença e a qualidade de calçadas, específica por segmento de rua. Melo et al.⁴³ recorreram a outro método para identificar as características de ruas e calçadas do entorno de uma amostra de escolas de Recife, Pernambuco, utilizando a versão adaptada, para o contexto brasileiro, do instrumento *Active Neighbourhood Checklist*. Da mesma maneira, Lopes et al.¹⁶ avaliaram o ambiente comunitário das ruas e calçadas no entorno de parques e praças de Curitiba, Paraná. Atualmente, é possível ampliar o detalhamento de atributos do ambiente, passíveis de serem relacionados com atividade física e saúde, com o instrumento *Microscale Audit of Pedestrian Streetscapes* (MAPS)⁴⁴. Ainda, para análises mais superficiais, o IBGE disponibiliza informações apenas sobre a proporção de presença de calçadas nos setores censitários.

Por outro lado, apesar da ausência de algumas informações importantes, estudos que contemplem variáveis do ambiente necessitam incrementar suas bases de dados, se utilizando da observação sistemática do ambiente em conjunto com o SIG. Por exemplo, estudos que buscam verificar associação entre proximidade de parques e atividade física, podem utilizar o SIG para calcular com precisão a distância entre o domicílio e o parque. No entanto, tão importante quanto conhecer a distância é identificar o que existe no parque. Desta forma, instrumentos como o *Physical Activity Resource Assessment* (PARA)⁴⁵ e o *Bedimo-Rung Assessment Tools* (BRAT-DO)⁴⁶ podem complementar os dados das análises de SIG. Silva et al.⁴⁷, utilizaram o instrumento PARA com intuito de verificar a qualidade de parques e praças. Em seguida, estes dados foram agregados a

base georreferenciada dos parques e praças, que possuía a renda dos moradores do seu entorno disponibilizada pelo IBGE, para identificar possíveis associações entre suas características de qualidade e a renda da população. Por fim, é importante destacar que a aplicação do SIG depende diretamente da disponibilidade das informações ou da combinação de outros métodos, além da capacitação técnica para utilizar os dados. Neste sentido, condições que possibilitem integração e cooperação interprofissional e intersetorial é fundamental no desenvolvimento de projetos de pesquisa.

Conclui-se que o emergente emprego do SIG como parte integrante do processo de uma pesquisa tem sido possível pela redução nos custos de acesso a diversos tipos de *softwares*. Além disso, maior integração das tecnologias livre e a vasta disponibilidade de cursos de capacitação técnica, tornam a ferramenta viável para usuários menos experientes. Dessa forma, o SIG pode ser utilizado com maior frequência em estudos que avaliam o ambiente relacionado à atividade física e saúde, permitindo combinar análises estatísticas e espaciais em um mesmo processo. A diversidade de aplicações que o SIG permite é ampla, contemplando estudos em escalas distintas, desde áreas de parques até grandes centros urbanos. Seu emprego pode auxiliar o avanço no monitoramento das mudanças ambientais e políticas públicas voltadas ao ambiente, assim como seu impacto sobre os níveis de atividade física da população, além de propiciar evidências que norteiem o processo de planejamento urbano para tornar as cidades mais saudáveis.

Contribuição dos autores

Lopes AAS, participou da concepção inicial e liderança do estudo, criação do modelo estrutural e das representações gráficas, revisão da literatura, redação e revisão crítica do manuscrito em todas as etapas. Hino AAF, participou da concepção inicial do estudo, criação das representações gráficas, revisão da literatura, redação e revisão crítica do manuscrito em todas as etapas. Moura EM, participou da concepção inicial do estudo, revisão de termos técnicos conceituais e operacionais, redação e revisão crítica do manuscrito em todas as suas etapas. Reis RS, participou da concepção inicial do estudo, redação e revisão crítica do manuscrito em todas as suas etapas. Todos os autores aprovam a versão final submetida.

Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimento

Os autores agradecem aos integrantes do Grupo de Pesquisa em

Atividade Física e Qualidade de Vida (GPAQ/PUCPR) pela execução, em todas as suas etapas, de todos os projetos de pesquisa mencionados neste trabalho, que foram realizados pelo grupo. E, ao Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC), que em parceria com o GPAQ sempre disponibilizam os dados de geoprocessamento da cidade.

Referências

- Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Glob Heal*. 2018;(18):1–10.
- Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, Guthold R, Haskell W, Ekelund U, et al. Global physical activity levels: Surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet*. 2012;380(9838):247–57.
- Lee I-M, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 2012;380(9838):219–29.
- Ding D, Lawson KD, Kolbe-Alexander TL, Finkelstein EA, Katzmarzyk PT, van Mechelen W, et al. The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. *Lancet*. 2016;388(10051):1311–24.
- Reis RS, Salvo D, Ogilvie D, Lambert E V, Goenka S, Brownson RC. Scaling up physical activity interventions worldwide: stepping up to larger and smarter approaches to get people moving. *Lancet*. 2016;388(10051):1337–48.
- Giles-Corti B, Vernez-Moudon A, Reis R, Turrell G, Dannenberg AL, Badland H, et al. City planning and population health: a global challenge. *Lancet*. 2016;388(10062):2912–24.
- Brownson RC, Hoehner CM, Day K, Forsyth A, Sallis JF. Measuring the Built Environment for Physical Activity. *State of the Science*. *Am J Prev Med*. 2009;36(4):99–123.
- Bauman AE, Reis RS, Sallis JF, Wells JC, Loos RJF, Martin BW, et al. Correlates of physical activity: why are some people physically active and others not? *Lancet*. 2012;380(9838):258–71.
- Heath GW, Parra DC, Sarmiento OL, Andersen LB, Owen N, Goenka S, et al. Evidence-based intervention in physical activity: lessons from around the world. *Lancet*. 2012;380(9838):272–81.
- Butler EN, Ambs AM, Reedy J, Bowles HR. Identifying GIS measures of the physical activity built environment through a review of the literature. *J Phys Act Heal*. 2011;8(1):91–7.
- Hino AAF, Reis RS, Florindo AA. Ambiente construído e atividade física: uma breve revisão dos métodos de avaliação. *Rev Bras Cineantropom e Desempenho Hum*. 2010;12(5):387–94.
- Cerin E, Conway TL, Saelens BE, Frank LD, Sallis JF. Cross-validation of the factorial structure of the Neighborhood Environment Walkability Scale (NEWS) and its abbreviated form (NEWS-A). *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2009;6(1):32.
- Rosenberg D, Ding D, Sallis JF, Kerr J, Norman GJ, Durant N, et al. Neighborhood Environment Walkability Scale for Youth (NEWS-Y): Reliability and relationship with physical activity. *Prev Med*. 2009;49:213–8.
- Florindo AA, Guimarães VV, Farias Júnior JC, Salvador EP, Sá TH, Reis RS, et al. Validação de uma escala de percepção do ambiente para a prática de atividade física em adultos de uma região de baixo nível socioeconômico. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2012;14(6):647–59.

15. Lopes AAS, Lanzoni AN, Hino AAF, Rodriguez-Añez CR, Reis RS. Perceived neighborhood environment and physical activity among high school students from Curitiba, Brazil. *Rev Bras Epidemiol.* 2014;17(4):938–53.
16. Lopes AAS, Kienteka M, Fermino RC, Reis RS. Characteristics of the environmental microscale and walking and bicycling for transportation among adults in Curitiba, Paraná State, Brazil. *Cad Saude Publica.* 2018;34(1).
17. Kienteka M, Reis RS. Validity and reliability of an instrument in Portuguese to assess bicycle use patterns in urban areas. *Rev Bras Cineantropom Hum.* 2017;19(1):17–30.
18. Raftery J, Powell J. Health Technology Assessment in the UK. *Lancet.* 2013;382(9900):1278–85.
19. Polisenca J, De-Angelis G, Kaunelis D, Gutierrez-Ibarluzea I. Environmental impact assessment of a health technology: a scoping review. *Int J Technol Assess Health Care.* 2018;34(3):317–26.
20. Kirby RS, Delmelle E, Eberth JM. Advances in spatial epidemiology and geographic information systems. *Ann Epidemiol.* 2017;27(1):1–9.
21. Steiniger S, Bocher E. An overview on current free and open source desktop GIS developments. *Int J Geogr Inf Sci.* 2009;23(10):1345–70.
22. Dumith SC, Hallal PC, Reis RS, Kohl HW. Worldwide prevalence of physical inactivity and its association with human development index in 76 countries. *Prev Med (Baltim).* 2011;53(1–2):24–8.
23. Forsyth A, Schmitz KH, Oakes M, Zimmerman J, Koepf J. Standards for Environmental Measurement Using GIS: Toward a Protocol for Protocols. *J Phys Act Heal.* 2006;3(1):241–57.
24. Stewart OT, Carlos HA, Lee C, Berke EM, Hurvitz PM, Li L, et al. Secondary GIS built environment data for health research: Guidance for data development. *J Transp Heal.* 2016;3(4):529–539.
25. Silva AT, Fermino RC, Lopes AAS, Alberico CO, Reis RS. Distance to fitness zone, use of facilities and physical activity in adults. *Rev Bras Med Esporte.* 2018;24(2):157–61.
26. Silva ICM, Hino AAF, Lopes AAS, Ekelund U, Brage S, Gonçalves H, et al. Built environment and physical activity: domain- and activity-specific associations among Brazilian adolescents. *BMC Public Health.* 2017;17(1):616.
27. Carlson JA, Saelens BE, Kerr J, Schipperijn J, Conway TL, Frank LD, et al. Association between neighborhood walkability and GPS-measured walking, bicycling and vehicle time in adolescents. *Health Place.* 2015;32:1–7.
28. Mccrorie PR, Fenton C, Ellaway A. Combining GPS, GIS, and accelerometry to explore the physical activity and environment relationship in children and young people – a review. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2014;11:93.
29. Alberico CO, Schipperijn J, Reis RS. Use of global positioning system for physical activity research in youth: ESPAÇOS Adolescentes, Brazil. *Prev Med (Baltim).* 2017;103:S59–65.
30. Nakamura PM, Teixeira IP, Papini CB, Fernandes RA, Kokubun E. Associação da caminhada no lazer e no transporte com ambiente construído em adultos do Município de Rio Claro-SP. *Rev Bras Ativ Fis Saúde.* 2013;18(4):424–35.
31. Hino AAF, Reis RS, Sarmiento OL, Parra DC, Brownson RC. The built environment and recreational physical activity among adults in Curitiba, Brazil. *Prev Med (Baltim).* 2011;52(6):419–22.
32. Onnom W, Tripathi N, Nitivattananon V, Ninsawat S. Development of a Liveable City Index (LCI) Using Multi Criteria Geospatial Modelling for Medium Class Cities in Developing Countries. *Sustainability.* 2018;10(2):520.
33. Reis RS, Akira A, Hino F, Rech CR, Kerr J, Hallal PC. Walkability and physical activity. *Am J Prev Med.* 2013;45(3):269–75.
34. Winters M, Teschke K, Brauer M, Fuller D. Bike Score®: Associations between urban bikeability and cycling behavior in 24 cities. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2016;13(1):18.
35. Frank LD, Fox EH, Ulmer JM, Chapman JE, Kershaw SE, Sallis JF, et al. International comparison of observation specific spatial buffers: maximizing the ability to estimate physical activity. *Int J Health Geogr.* 2017;16(4):1–13.
36. Chillón P, Molina-García J, Castillo I, Queralta A. What distance do university students walk and bike daily to class in Spain. *J Transp Heal.* 2016;1–6.
37. Prins RG, Pierik F, Etman A, Sterkenburg RP, Kamphuis CBM, Van Lenthe FJ. How many walking and cycling trips made by elderly are beyond commonly used buffer sizes: Results from a GPS study. *Health Place.* 2014;27:127–33.
38. Sallis JF, Cerin E, Conway TL, Adams MA, Frank LD, Pratt M, et al. Urban environments in 14 cities worldwide are related to physical activity. *Lancet.* 2016;387(15).
39. Silva NN, Cunha TN, Quintanilha JA. Amostra mestra e geoprocessamento: Tecnologias para inquéritos domiciliares. *Rev Saude Publica.* 2003;37(4):494–502.
40. Reis RS, Hino AAF, Florindo AA, Anez CR, Domingues MR, Añez CRR, et al. Association between physical activity in parks and perceived environment: a study with adolescents. *J Phys Act Heal.* 2009;6(4):503–9.
41. Jaime PC, Duran AC, Sarti FM, Lock K. Investigating environmental determinants of diet, physical activity, and overweight among adults in Sao Paulo, Brazil. *J Urban Heal.* 2011;88(3):567–81.
42. Mendes LL, Nogueira H, Padez C, Ferrao M, Velasquez-Melendez G. Individual and environmental factors associated for overweight in urban population of Brazil. *BMC Public Health.* 2013;13(1):988.
43. Melo EN, Barros M, Reis RS, Hino AAF, Santos CM, Farias Junior JC. Is the environment near school associated with active commuting to school among preschoolers? *Rev Bras Cineantropom e Desempenho Hum.* 2013;15(4):393–404.
44. Cain KL, Geremia CM, Conway TL, Frank LD, Chapman JE, Fox EH, et al. Development and reliability of a streetscape observation instrument for international use: MAPS-global. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2018;15(1):1–11.
45. Lee RE, Booth KM, Reese-Smith JY, Regan G, Howard HH. The Physical Activity Resource Assessment (PARA) instrument: Evaluating features, amenities and incivilities of physical activity resources in urban neighborhoods. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2005;2(1):13.
46. Bedimo-Rung AL, Gustat J, Tompkins BJ, Rice J, Thomson J. Development of a direct observation instrument to measure environmental characteristics of parks for physical activity. *J Phys Act Heal.* 2006;3(1):176–89.
47. Silva I, Mielke G, Nunes B, Böhm A, Blanke A, Nachtigall M, et al. Espaços públicos de lazer: distribuição, qualidade e adequação à prática de atividade física. *Rev Bras Ativ Fis Saúde.* 2015;20(1):1–11.
48. Mavoa S, Witten K, McCreanor T, O’Sullivan D. GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand. *J Transp Geogr.* 2012;20(1):15–22.

49. Hino AAF, Reis RS, Sarmiento OL, Parra DC, Brownson RC. Built environment and physical activity for transportation in adults from Curitiba, Brazil. *J Urban Heal*. 2014;91(3):446–62.
50. Brown G, Schebella MF, Weber D. Using participatory GIS to measure physical activity and urban park benefits. *Landsc Urban Plan*. 2014;121:34–44.
51. Taylor BT, Fernando P, Bauman AE, Williamson A, Craig JC, Redman S. Measuring the quality of public open space using Google Earth. *Am J Prev Med*. 2011;40(2):105–12.
52. Villanueva K, Knuiman M, Nathan A, Giles-Corti B, Christian H, Foster S, et al. The impact of neighborhood walkability on walking: Does it differ across adult life stage and does neighborhood buffer size matter? *Heal Place*. 2014;25:43–6.
53. Madsen T, Schipperijn J, Christiansen LB, Nielsen TS, Troelsen J. Developing suitable buffers to capture transport cycling behavior. *Front Public Heal*. 2014;2:61.

Recebido: 20/03/2019
Aprovado: 02/07/2019

Como citar este artigo:

Lopes AAS, Hino AAF, Moura EN, Reis RS. O Sistema de Informação Geográfica em pesquisas sobre ambiente, atividade física e saúde. *Rev Bras Ativ Fis Saúde*. 2018;23:e0065. DOI: 10.12820/rbafs.23e0065