

## Proposta de Simulador Paramétrico de Diretrizes Legais para Crescimento Urbano

Parametric Simulator of Legal Guidelines for Urban Growth

Luana M. <sup>1</sup>, Pablo Ceolin Dallagnol<sup>2</sup> e Júlio Cesar Pinheiro Pires <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Brasil  
luanam1990@gmail.com; dallagnol97@gmail.com; simurb.modelab@gmail.com

### Resumo

*Segundo o Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/01), municípios com mais de 20.000 habitantes devem ter seu crescimento regulado pelo Plano Diretor, que estabelece ordenação física, funcionamento, planejamento territorial da cidade e direciona prioridades de investimentos. A imagem da cidade é fruto das regulações do plano, revelando a importância das ferramentas de planejamento. No entanto, estas ferramentas se apresentam em forma de lei, textos, decretos, e outras maneiras escritas, as quais, por vezes, tornam-se de difícil comunicação, expressão e entendimento. O atual momento da tecnologia computacional permite elaboração de um conjunto de sistemas que auxiliam atividades de planejamento e entendimento dos fenômenos de crescimento físico das cidades. Neste estudo, pretende-se organizar dados referentes às legislações de planejamento urbano e mostrá-los através de simuladores virtuais. Possibilita-se aos usuários verificar e entender a aplicação dos planos reguladores, como funcionam as restrições e permissões inerentes às edificações e visualizar a aplicação dessas regras em um terreno e/ou recorte urbano de forma paramétrica. Os produtos elaborados a partir desta pesquisa poderão ser utilizados por prefeituras e planejadores, profissionais de AEC e pela população em geral, bem como enquanto ferramenta de ensino/aprendizagem em cursos de arquitetura e urbanismo, engenharia civil entre outros desta área.*

**Palavras-chave:** Design da informação; Simulador paramétrico; Planejamento urbano

### Abstract

*According to the Estatuto da Cidade (Federal Law No. 10,257/01), municipalities with more than 20,000 inhabitants must have their growth regulated by the Master Plan, which establishes physical order, planning of the city and directs investment priorities. The image of the city is the result of the master plan, showing the importance of planning tools. However, it come as laws, texts, decrees, and other written ways, which sometimes become difficult to communicate. The present moment of the computational technology allows the elaboration of a set of systems that help the planning activities and understanding of the phenomena of the cities physical growth. This study intends to organize data related to urban planning legislation and show them through virtual simulators. Users are able to verify and understand the application of regulatory plans, how the restrictions and permissions to the buildings work, and to visualize the application of these rules in a terrain and / or urban clipping in parametric form. Municipalities and planners, AEC professionals and the population can use the products elaborated from this research in general, as well as teaching / learning tools in architecture and urban planning courses, civil engineering among others in this area.*

**Keywords:** Information design; Parametric simulator; Urban planning

## 1 Introdução

O planejamento urbano requer uma série de regras que servem para ordenar o crescimento de um município. O crescimento físico pode ser considerado fruto, também, de fatores relacionados à legislação contida em Planos Reguladores. A partir da existência de um conjunto de ações e atuações profissionais nas áreas da construção civil, são necessários também um conjunto de leis que impõem permissões e restrições no uso do solo e suas formas de ocupação. Assim, entende-se a importância dos Planos Reguladores como ferramenta de desenvolvimento do espaço urbano. Além disso, evidencia-se a complexidade de tais planos e seu caráter multidisciplinar.

Entretanto, a maioria dos Planos Reguladores são introduzidos, pelo âmbito da administração pública, apenas por meio de leis, decretos e outros aparatos jurídicos quase sempre priorizando o texto escrito em prejuízo à parte gráfica. Por essa razão é necessário um aprimoramento dos processos de visualização e entendimento da influência das leis de uso do solo na atividade de planejamento urbano e projeto de edificações, sem os quais as tomadas de decisões podem ficar prejudicadas.

Cabe ressaltar ainda que os instrumentos que regem o crescimento físico de municípios podem variar em cada região do país, agregando maior possibilidade de problemas decorrentes da falta de percepção e clareza, tanto na confecção quanto na interpretação e aplicação de tal legislação. Consoante a isso, entende-se que na atual fase em que se encontra a tecnologia da informação, é possível enquadrar algumas atividades de planejamento urbano, tais como organização, tratamento e manipulação de dados, em rotinas majoritariamente realizadas em meio computacional.

Na questão do planejamento urbano, o campo a ser entendido é vasto e agrega aspectos que se relacionam diretamente com a vida das pessoas. Pela natureza deste problema, a tendência é de ser cada vez mais difícil atender a todas ou a maioria das expectativas em relação ao desenvolvimento físico urbano. No entanto, atitudes diversas podem ser tomadas para contornar ou minimizar tais problemas.

Sistemas de informação, quando associados à informática, garantem um complexo conjunto de iterações que apontam resultados desejados com rapidez e perfeição através de variáveis estabelecidas (GONÇALVES, 2006). Ainda, em se tratando de recursos algorítmicos exclusivos e dedicados, o tratamento e uso de informações pode se configurar em um eficiente agente de entendimento. Posteriormente, ainda, pode se configurar como um elemento propositivo para o correto método de planejamento do desenvolvimento físico das cidades.

Alguns aspectos relacionados com o porte de edificações estão inseridos nos termos aqui tratados. Este é o principal critério de crescimento considerado nesta pesquisa. Um grupo de dispositivos legais rege este crescimento. Estes dispositivos estão, como já dito, em planos diretores, códigos de edificações e outras leis de uso do solo. Segundo Dantas (2013), as leis de zoneamento têm adotado dois parâmetros principais de disciplinamento do uso do solo: densidade populacional e coeficiente de aproveitamento. A adoção destes princípios resultará na definição do porte das edificações.

A maneira de apresentação dessas leis está quase sempre no formato de textos, permitindo assim a interação somente por leitura e interpretação. Esta forma passiva pode ser explorada e modificada à medida que se promovam condições de interação com trocas de informações, ou seja, com a realização de simulações de situações que tendam a se aproximar da realidade. Assim o entendimento deixa de ser passivo e assistido e passa a ser na forma de agente propositivo, com condições de mudar virtualmente uma realidade para simular possibilidades.

## 1.1 Crescimento urbano

Alguns trabalhos desenvolvidos nesta área de estudo tratam da descrição e desenvolvimento de sistemas para simulação de crescimento urbano. Pode-se dizer que as principais e mais utilizadas técnicas para prever *Growth* e *Sprawl* (crescimento urbano e populacional) são as que consideram Autômatos Celulares – CA e Sistemas de Informação Geográficas (GIS - *Geographic Information System*). Trabalhos como o de Gong et al. (2014) que combinou modelos para simular mudanças no uso do solo e trajeto de crescimento urbano, assim como os de Batty et al. (1999), Stevens et al. (2007), Long et al. (2009), Benavente et al (2010) e Massabki et al. (2017), que desenvolveram estudos baseados em CA e GIS, para simular crescimento e auxiliar nas tomadas de decisões de planejamento urbano, mostram a importância que pesquisadores e governos adotam para este tema. Na pesquisa de Aburas et al. (2016), considerou-se padrão de crescimento realístico implementando técnicas quantitativas e espaço-temporal no monitoramento do crescimento urbano dentro de programas com tecnologia GIS. Ainda nesta área, Alghais e Pullar (2018) apresentaram um modelo espacial para prever o crescimento da cidade de Kuwait através do uso de ABM (*Agent Based Modelling*) e GIS, realizando simulações que consideram padrão histórico de crescimento e crescimento urbano de diferentes tipos de grupos sociais. Tais simulações puderam prever que, até 2050 haverá um aumento de 50% na falta de moradia e congestionamentos de tráfego naquela cidade.

Estas e outras pesquisas nesta área tratam mais especificamente da modelagem de informações urbanas a partir de conceitos macros, quase sempre com objetivo de obter e organizar informações para embasar tomadas de decisões de caráter regional.

Nesta pesquisa não será considerado esse tipo de abordagem, pois como resultados esperados tem-se a elaboração de um conjunto de aplicativos *web-based* com capacidade de simular, parametricamente, a atuação de alguns condicionantes legais urbanísticos em áreas relativamente pequenas (lotes isolados e quadras de territórios urbanos). A principal diferença das pesquisas referidas anteriormente está nos resultados do processo de simulação, que incluem informações não tanto sobre crescimento urbano, mas uso adequado da legislação urbana.

## 2 Metodologia

Aplicativos *web-based* são usados para consolidar serviços de informação a partir de sistemas disponíveis na internet. Tais serviços podem exigir a proposta de desenvolvimento de *softwares* para resolver problemas tipicamente conhecidos. A resolução de problemas com tecnologia computacional consiste em um processo complexo de descrever um problema e desenvolver um programa de computador para resolver este problema (AGUILAR, 2008).

A expansão da internet e a ubiquidade da *web*, segundo Fortmann-Roe (2014), oferecem novas possibilidades para construção de ferramentas de simulação colaborativas. Além disso, existem os benefícios de as tecnologias *web-based* não serem demasiadamente específicas, ou seja, usuários não despendem tempo para aprender a usar ferramentas de simulação em aplicativos *web*.

Fortmann-Roe (2014) cita três critérios básicos que devem ser usados na formulação de ambientes de ferramentas de simulação: desempenho, recursos e acessibilidade. Ambientes de alto desempenho são aqueles que realizam simulações rapidamente com o mínimo de recursos (capacidades e funcionalidades). O critério de acessibilidade diz respeito em como pode ser fácil aprender ou utilizar um ambiente.

O equilíbrio entre os critérios citados deve gerar aplicativos de simulação adequados. Deve-se levar em conta a influência que cada critério tem sobre outro na atividade de desenvolvimento.

Na presente pesquisa propõe-se desenvolver simuladores paramétricos com objetivo de fornecer informações relativas tanto ao crescimento físico urbano quanto ao conjunto de leis que o regem. Neste sentido torna-se necessária a elaboração de critérios de abordagens consoantes às especificidades dos produtos propostos.

## 2.1 Abordagens desejadas e metas de elaboração

Para atingir o objetivo desta pesquisa, foram elaboradas algumas metas, como segue:

- a. Obtenção e organização das informações legais;
- b. Elaboração de organograma;
- c. Desenvolvimento de fluxograma(s) do(s) algoritmo(s) considerando operações sobre dados variáveis e constantes;
- d. Organização da implementação lógica sem *framework*, considerando separação e abstração procedimental;
- e. Desenvolvimento da navegação na interface de usuário;
- f. Implementação em linguagem HTML (*HyperText Markup Language*), JavaScript e CSS (*Cascading Style Sheets*);
- g. Testes avaliativos do desempenho dos aplicativos;

Estas metas não concentram descrição mais precisa das possibilidades, de capacidade técnica a ser satisfeita e nem de eficiência de *softwares*. Assim não se tratam especificamente de requisitos de sistemas *web* ou de programa de computador.

A apresentação gráfica dos resultados de simulações são um conjunto de volumes representados através de faces planas. Estas faces são renderizadas no elemento Canvas HTML, no próprio navegador do usuário. Optou-se pela representação em perspectiva axonométrica isométrica pela facilidade de comunicação de figuras tridimensionais e pela simplicidade da execução em JavaScript.

Existem atualmente diversas iniciativas de implementação de um contexto tridimensional (3D) para o elemento canvas HTML. A biblioteca Three.js é uma das mais conhecidas. Trata-se de um conjunto de rotinas pré-programadas que assumem uma função de *logic server-side* fazendo funcionar uma série de objetos e comportamentos em um ambiente tridimensional. Isto proporciona a possibilidade de abstração no desenvolvimento de aplicações que se utilizam deste tipo de visualização. Por outro lado, ao se basear em uma biblioteca pronta, aumentam as necessidades de conhecimento de tais bibliotecas e a dependência das mesmas. Neste sentido o desenvolvedor delega algumas funcionalidades de sua aplicação e pode vir a arcar com alguns problemas fora de seu domínio.

Ao mesmo tempo em que existem vantagens na utilização de bibliotecas baseadas em contextos 3D, um entendimento do funcionamento do elemento canvas, associado a alguns conceitos de trigonometria, pode possibilitar a execução gráfica de geometrias em perspectiva axonométrica isométrica.

Ao utilizar esta técnica, para desenhar em isométrica, foi preciso estabelecer componentes de coordenadas utilizando trigonometria. As equações 1 e 2 mostram os componentes em x ( $Cpx$ ) e y ( $Cpy$ ) de cada ponto, possibilitando a construção da perspectiva isométrica.

$$Cpx = \frac{Mf}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \quad (1)$$

$$Cpy = \frac{Mf}{2} \quad (2)$$

Nas equações (1) e (2),  $Mf$  é a medida da frente do terreno a ser simulado.

O processo de determinação dos pontos relacionados com as medidas de frente a fundos do terreno foi implementado utilizando o mesmo princípio. Desta maneira foi possível obter retângulos parametrizados com os campos das medidas de largura e comprimento do terreno.

Os demais planos que constituem a representação simplificada de edificações são criados da mesma maneira, entretanto estes consideram e estão parametrizados com algumas opções de índices construtivos. O IA – Índice de Aproveitamento, por exemplo, indica quanto se pode construir no terreno a partir da área do próprio terreno. Ao modificar-se este índice, o aplicativo irá informar o resultado de valores atuais em tempo real, bem como mostrar graficamente a representação da edificação resultante da edição de tais índices.

O número de pavimentos da(s) edificação(ões) também está parametrizado com a geometria e pode ser manipulado para o aplicativo informar as áreas resultantes a partir da escolha deste número. As áreas mostradas, nas versões atuais, são sempre as máximas permitidas pelos índices construtivos previamente alimentados. Entretanto, existe a possibilidade de inserir alguns parâmetros, como limite de porte, ALP - Área Livre Permeável, Cota Ideal Média e Cota Ideal por Padrão, afastamentos em função das alturas, em função de elementos de restrição de uso do solo e em função de aberturas em ambientes, além de recuos de ajardinamento (frontal) e outros recuos resultantes da aplicação do conjunto de leis pertinentes às edificações, nos códigos de obras e planos diretores. Estes parâmetros deverão fornecer maior precisão nas simulações, bem como um maior número de possibilidades de retorno de informações. A implementação destes critérios será feita posteriormente nos aplicativos desta pesquisa.

### 3 Resultados

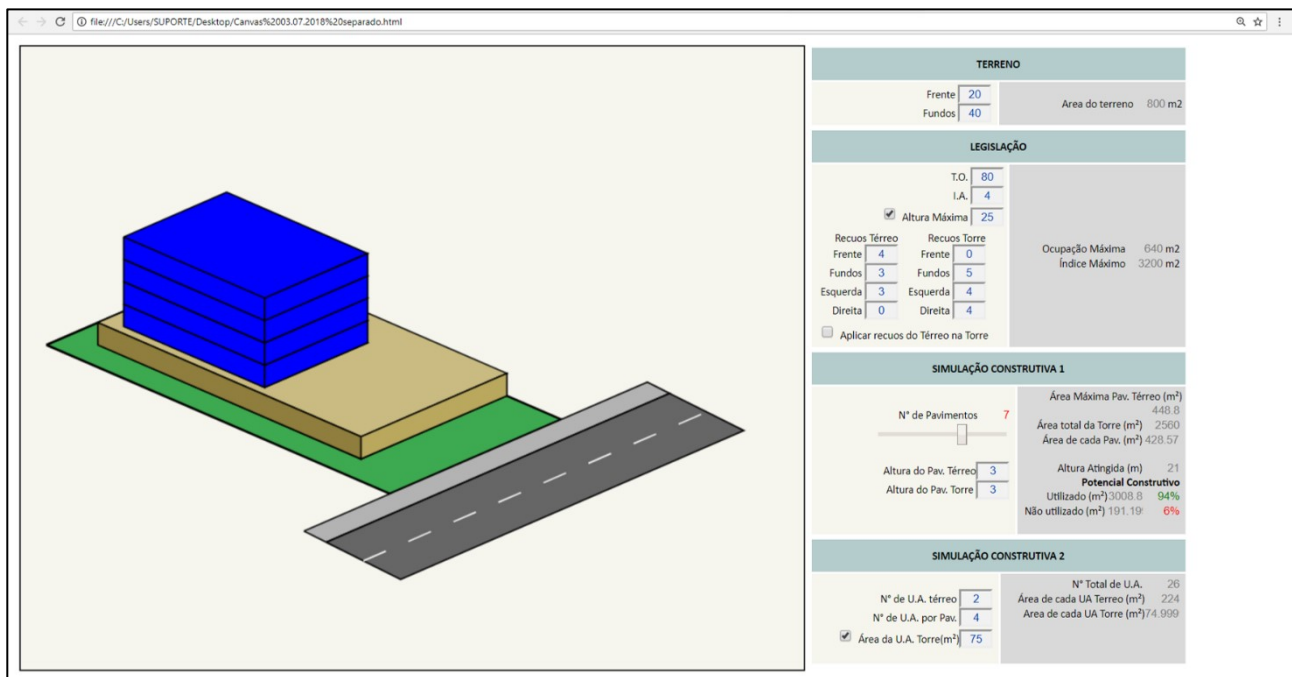
A partir das metas estabelecidas, foi possível executar versões de testes de dois aplicativos para simular a influência da legislação de uso no solo em edificações urbanas.

O primeiro aplicativo (figura 1) concentra informações sobre um terreno isolado, onde é possível simular a construção de uma edificação (modelo volumétrico simplificado) que atenda aos dispositivos de controle urbanístico existentes em planos reguladores.

O leiaute inicial levou em conta a não existência de barreiras que possam desmotivar a interação do usuário. Nesse sentido, foi disposto um elemento Canvas de HTML, onde aparece a montagem gráfica da simulação. Ao lado foram implementados os elementos de interação lógica, a parte de entrada de dados propriamente dita.

Nesta primeira versão, o aprimoramento visual foi executado na linguagem CSS, e a parte lógica foi implementada em Java Script. O projeto não considerou uso de *framework* de desenvolvimento, evitando ligações com banco de dados e utilização de *server-side* (em um contexto cliente-servidor, normalmente *server-side* designa o equipamento ou local onde são guardados, organizados e processados os dados relativos ao *software* em questão; comumente associado a uma separação do *front-end*, que é a parte de interação do usuário, também chamado de cliente).

Figura 1 – Interface do primeiro simulador



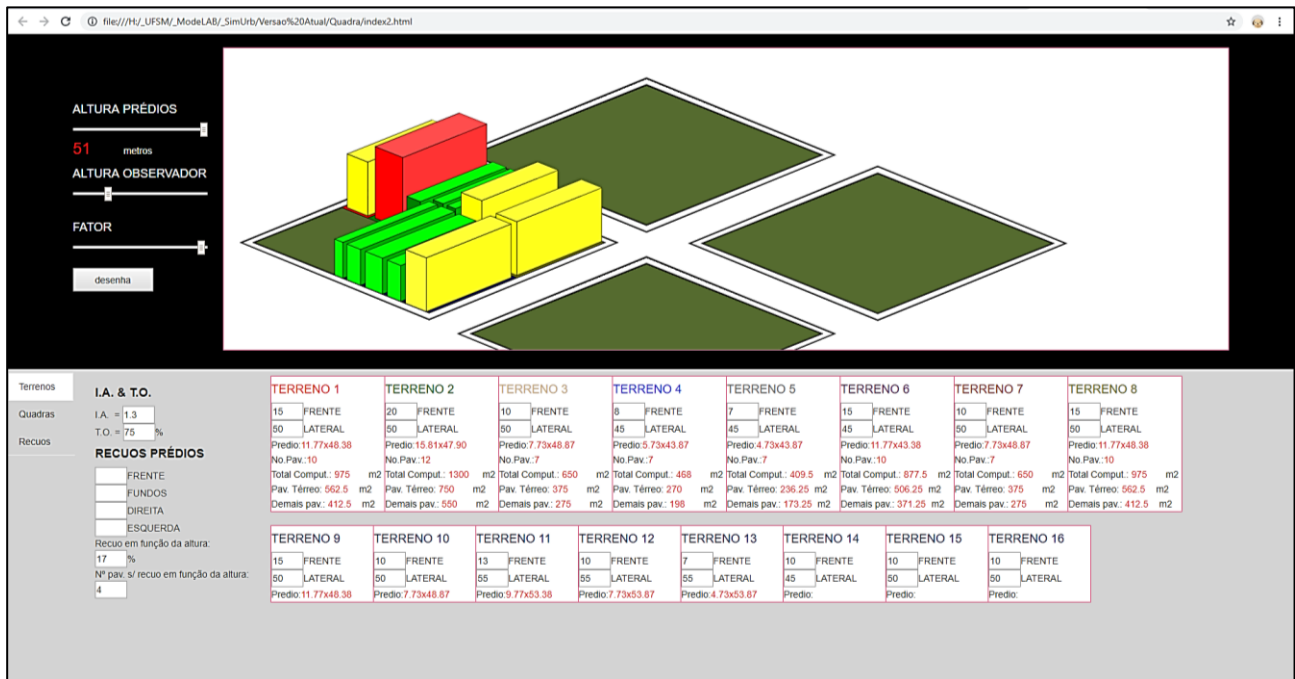
Esse aplicativo permite simular o quanto se pode construir, em metros quadrados, em um terreno genérico, sujeito às restrições da legislação urbanística. Além disso, o porte da edificação também pode ser simulado, uma vez que os afastamentos das divisas são dependentes da altura (número de pavimentos) e a altura é dependente do índice de aproveitamento (relação entre a área do terreno e a área permitida para construção) definido para o terreno.

Simulações feitas a partir dessas premissas podem resultar em um volume apresentado no formato de perspectiva axonométrica isométrica do prédio, e um conjunto de informações numéricas provenientes do preenchimento de alguns parâmetros. Além do índice de aproveitamento, é possível editar a taxa de ocupação (o quanto o prédio se projetará no terreno), o número de pavimentos, os afastamentos das divisas para o pavimento térreo e para a torre (demais pavimentos), altura máxima da edificação, altura do pavimento térreo (pé-direito), altura do pé direito dos pavimentos da torre, número de U.A. (Unidades Autônomas) do térreo e por pavimento. Por fim é possível definir uma área para U.A. e, ao deixar marcada esta opção, o sistema irá considerar esta área nos cálculos.

Esse aplicativo está em desenvolvimento, sendo que suas funcionalidades serão incrementadas para permitir uma flexibilidade e um número maior de possibilidades de simulações.

A Figura 2 apresenta o projeto preliminar da interface do segundo aplicativo, que também está em fase inicial de desenvolvimento, sendo este mais específico para simular um conjunto de edificações em uma quadra. Este simulador considera também os aspectos legais assim como as dimensões de cada terreno independente e da quadra onde estes de encontram. O comportamento do crescimento físico a partir da aplicação da legislação de uso do solo pode ser simulado. A interface foi desenvolvida baseada em conceitos intuitivos de boa usabilidade na web.

Figura 2 – Interface preliminar do segundo aplicativo



Este segundo aplicativo conta com um elemento Canvas perfazendo metade superior do leiaute, ficando a parte de interação numérica na metade inferior. Os resultados a partir desta simulação serão apresentados também no formato gráfico e numérico. A partir das definições das dimensões dos terrenos e da quadra, bem como dos índices construtivos e afastamentos das divisas, o aplicativo informa como ficaria preenchida a quadra com edificações, seu porte, alturas, afastamentos e áreas. Estes resultados que fazem parte da primeira versão de testes do aplicativo já mostram algumas informações relevantes. A partir desta implementação será possível aprimorar a quantidade de informações e aumentar os dados de retorno das simulações.

### 3.1 Análise de similares

A partir dos objetivos estabelecidos, a análise de propostas pré-existent de simulação de parâmetros urbanísticos se faz necessária. Devido ao fato de a carência por facilitadores de compreensão de legislação ser uma necessidade presente em diversas esferas do desenvolvimento urbano, seja no âmbito acadêmico, da profissão do arquiteto, engenheiro, construtor ou administrador público, bem como do investidor imobiliário, há exploração desta demanda em proposições diversas.

Sendo assim, uma vez identificada a demanda por facilitadores de visualização da aplicação de índices urbanísticos e demais definições previstas em planos diretores e códigos de obras, aplicativos e *softwares* se propõe a viabilizar esta execução. Programas como o City Zoom e o Sistema para Simulação Gráfica de Regimes Construtivos, proposto por da Silva e Vargas (2008), são exemplos de atendimento a esta necessidade, os quais proporcionam a simulação a respeito do emprego dos dados disponíveis em legislação.

O primeiro, desenvolvido no Laboratório para Simulação e Modelagem em Arquitetura e Urbanismo (SimLab) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) se propõe a uma análise integrada de diversos fatores, sendo estes os dados numéricos, relativos à legislação pertinente, e informações relativas ao local de inserção. Por ser um *software* georreferenciado, aliam-se então à proposição de estudo da legislação informações complementares, como de topografia e dados viários, que compreendem a estrutura urbana local. Desta forma, o *software* faz uma análise ampliada do local de estudo, mostrando cenários possíveis relativos a tomada de decisão relacionada aos parâmetros aplicados (Graziotin et al, 2004). Estas simulações podem ser vinculadas com plataformas como SketchUp, AutoCad, e *softwares* GIS, que possibilitam cruzar informações a fim de se obter simulações completas, com estudos específicos como de insolação e ventilação, além de análises morfológicas diversas. Devido a sua complexidade dada pela ampla gama de funcionalidades, esta alternativa se torna menos prática para usuários que não têm domínio deste tipo de *software* ou que buscam informações direcionadas a um lote ou conjunto de lotes em relação à legislação em si.

O segundo, por sua vez, desenvolvido no Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter), trata isoladamente do lote, aplicando a ele algumas proposições de regimes numéricos, como medidas do terreno, índices, recuos e afastamentos, e então possibilitando sua visualização em projeção ortográfica ou perspectiva. Se apresenta de forma mais simples e objetiva, possibilitando especulações rápidas e interativas dos dados em questão.

Em ambos os casos, a utilização dos *softwares* está vinculada a instalação dos mesmos em um computador e ao contato com os desenvolvedores. Neste âmbito, ainda que se proponha ao mesmo objetivo de uso, simular tridimensionalmente a implementação dos parâmetros dispostos em norma, o amplo acesso se torna fator de diferenciação do aplicativo aqui apresentado.

A proposta de simulador urbano em questão se dispõe a viabilizar um aplicativo *web-based* de acesso universal de qualquer navegador, sem necessidade de instalação ou licença, proporcionando sua ampla utilização. Sendo assim, a oferta do simulador urbano apresentado tem por propósito elucidar as aplicações de regimes numéricos de forma simples, acessível e intuitiva, também para aqueles que não dominam a manipulação de *softwares* e aplicativos de maior abrangência. Soma-se a isto o fato de que, atendendo à solicitação atual de acesso à tecnologia e informações rápidas, por inúmeras vezes há necessidade de visualizações em dispositivos móveis, valendo-se o usuário de uma ferramenta simples e objetiva, a qual minimiza lacunas entre a legislação e sua aplicação.

## 4 Discussão

Os resultados preliminares desta pesquisa estão apresentados na forma de dois aplicativos *web-based* para simulação da aplicação de regras de ordenamento físico urbano, existentes majoritariamente nos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano. Pesquisas similares desencadearam produção de *softwares* com funcionalidades correlatas, entretanto com diferenças estruturais básicas, principalmente de plataforma de suporte, diversificação de uso e disponibilização a usuários finais.

O primeiro aplicativo aqui desenvolvido é caracterizado por possibilitar a utilização por quatro grupos: acadêmicos (cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo e áreas afins), comercial (agentes de comercialização de porções de terra – imobiliárias), profissionais da construção civil (arquitetos, engenheiros, construtores) e público em geral (com interesse no potencial construtivo de uma determinada área urbana).



A função de utilização pelo grupo “comercial” será incrementada com a inserção de dados relativos aos valores financeiros na construção civil. Assim, será possível simular o custo de uma construção genérica pelo máximo potencial construtivo existente na legislação, considerando o tipo edifício e outras características da edificação.

O segundo aplicativo, para simulação de um conjunto de edificações em uma quadra tem potencial para servir de base de informações relativas mais ao crescimento urbano. A partir da interação com o simulador, é possível discutir questões relativas ao investimento em infraestrutura municipal, bem como problemas causados por aumento populacional em zonas não preparadas estruturalmente.

No que diz respeito à parte de implementação de código de programação, os aplicativos desenvolvidos nesta pesquisa estão sendo elaborados segundo metodologia própria, não considerando abstração procedimental com elementos externos, nem referenciando blocos de programação não proprietários. Deste modo, tem-se algoritmos menores, proporcionando leveza e velocidade na execução das funções pretendidas e programadas.

A produção dos aplicativos aqui relatados está vigente. Incrementos, correções, modificações e outras formas de edição são constantemente feitas. Este artigo aborda a produção até o momento de sua escrita, não sendo considerados, os aplicativos, produtos prontos para realização de testes amplos englobando metodologias de testes de *softwares*.

## Agradecimentos

Trabalho apoiado pelo programa FIPE ARD CACHOEIRA – 2018

## Referências

- ABURAS MM, HO YM, RAMLI MF ASH'AARI ZH. The simulation and prediction of spatio-temporal urban growth trends using cellular automata models: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2016;52: 380-389.
- AGUILAR LJ. *Fundamentos de Programação: algoritmos, estruturas de dados e objetos*. 3ª ed. AMGH Editora; 2008.
- ALGHAIS N, PULLAR D. (2018). Modelling future impacts of urban development in Kuwait with the use of ABM and GIS. *Transactions in GIS*. 2018;22(1):20-42.
- BATTY M, XIE Y, SUN Z. Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata. *Computers, environment and urban systems*. 1999;23(3):205-233.
- BENAVENTE FA, MONTES LMV, SENDRA JB. Simulación de escenarios futuros en la aglomeración urbana de Granada a través de modelos basados en Autómatas Celulares. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 2010;54:271-300.
- DA SILVA ICS, VARGAS JCB. *Sistema para Simulação Gráfica de Regimes Construtivos*. SIGraDi; 2008; Cuba.
- DANTAS JAC. *Parâmetros urbanísticos na regulação do uso e ocupação do solo: estudo da densidade e do coeficiente de aproveitamento nos planos diretores de Natal de 1994 e 2007 [dissertação]*. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2013. 152 p.

FORTMANN-ROE S. Insight Maker: A general-purpose tool for web-based modelling & simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2014;47:28-45.

GONG W. Analysis and simulation of land use spatial pattern in Harbin prefecture based on trajectories and cellular automata—Markov modelling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2006;34:207-216.

GONÇALVES LS. *Sistemas de Informações Gerenciais*. 1ª ed. IESDE Brasil; 2006.

GRAZZIOTIN PC, TURKIENICZ B, SCLOVSKY L, FREITAS CM. CityZoom-A tool for the visualization of the impact of urban regulations. *SIGraDi*; 2004 nov 10-12; São Leopoldo, RS; c2004. p. 216-220.

LONG Y, MAO Q, DANG A. Beijing urban development model: Urban growth analysis and simulation. *Tsinghua Science & Technology*. 2009;14(6):782-794.

MASSABKI JAR, PEIXOTO ASP, KAISER IM, MANZATO GG. Modeling Urban Sprawl Patterns of the Metropolitan Region of São Paulo based on Cellular Automata. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*. 2017;9:361-371.

STEVENS D, DRAGICEVIC S, ROTHLEY K. iCity: A GIS-CA modelling tool for urban planning and decision making. *Environmental Modelling & Software*. 2007;22(6)761-773.