

# Urbanismo Paramétrico: Experimentos para uma cidade compacta e sustentável

## Parametric Urbanism: Experiments for a Compact and Sustainable city

**Edgard Rosa Silva Junior**

Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil  
edgardsjr@gmail.com

### Abstract

This paper aims to present the Parametric Urbanism connected to the concept of Compact City and Sustainable Urbanism as an urban design alternative to the current dynamics of Brazilian cities. Using a system of parameters linked to the concepts of compact and sustainable city, through modeling and data analyzing, it is possible to obtain several solutions that will serve as project basis or for the continuity of the parameterized process, aiding the decision making process.

**Keywords:** Parametric Urbanism; Sustainable Urbanism; Generative System.

### Introdução

O objetivo deste artigo é apresentar e discutir o urbanismo paramétrico como uma alternativa ao desenho digital do urbanismo, não apenas como representação gráfica, mas interligado a tomada de decisão de projeto, tornando-o mais ágil e integrado, empregando dados de diferentes disciplinas e permitindo a geração de vários modelos através de um sistema generativo. Desta forma, o processo de tomada de decisão será constantemente avaliado e analisado para se ter uma contínua evolução do projeto.

O avanço contínuo dos computadores e seu processamento possibilitou o aperfeiçoamento dos *softwares*, tornando-os mais rápidos e funcionais. Dentro do urbanismo, os programas comumente utilizados são os CAD 2D, 3D e editores de imagens. Contudo, com a evolução dos programas de modelagem tridimensional e a possibilidade de desenvolvimento de formas complexas, maiores detalhes e informações, surgiram *softwares* que utilizam a parametrização para expandir as potencialidades do desenho digital.

O desenho parametrizado será operado de forma a propor possíveis soluções para as deficiências na área de estudo, decorrentes de um modelo urbanístico regido pela força imobiliária, que é observado pelas cidades brasileiras. É proposto como conceito base a cidade compacta proposta por Rogers e Gumuchdjan (2001), o urbanismo sustentável de Farr (2013) e a cidade sustentável e inteligente de Leite (2012), de forma a se explorar as dinâmicas de uso e a densidade adequada para um desenvolvimento sustentável da cidade.

Foi escolhido o bairro Bento Ferreira, localizado na ilha de Vitória, no Espírito Santo, localizada na região litorânea do Brasil, para aplicação destas teorias. Após análise das dinâmicas locais, foram definidas diretrizes de projeto embasadas nas teorias urbanísticas utilizadas.

Por ter um caráter experimental, foram escolhidos 3 *softwares* para trabalhar a parametrização, os quais irão gerar dois modelos cada: inicialmente, um modelo simulando os índices urbanísticos atuais e, depois, um que unisse os pontos fortes do zoneamento com as diretrizes definidas após diagnóstico local, utilizando os *softwares* para gerar modelos de forma rápida e atrelada parametricamente com as diretrizes.

Ao final, serão comparados os resultados e a experiência tanto dos *softwares* utilizados como o urbanismo paramétrico. Apesar das similaridades, cada programa possui uma abordagem própria, gerando impacto nos resultados obtidos.

### Parametrizando o Urbanismo

Ao se pensar em planejamento urbano, devem ser levados em conta diversas variáveis para análise, como a densidade, estrutura viária e transportes, uso do solo, entre outros. Esses são apenas alguns dos parâmetros que devem pautar o planejamento de uma cidade. Como, então, devemos utilizar estes parâmetros durante a etapa de projeto?

A evolução dos *softwares* para a arquitetura e urbanismo tem sido enorme nos últimos anos. A riqueza de informações, uso de simulações e maior integração entre informação e ferramenta permitiu um aumento significativo na qualidade e rapidez do projeto. Especificamente para o urbanismo, até recentemente os programas têm funcionado como uma ferramenta de representação gráfica, onde o usuário é responsável por tudo que ali está representado e qualquer alteração necessária. O Urbanismo Paramétrico vem como uma opção para o projeto urbano, utilizando parâmetros e o poder dos *softwares* para a criação de propostas e estudos adequados à condição local do projeto.

A partir de artigos e discursos de Patrik Schumacher, o Urbanismo Paramétrico foi sendo definido e, em conjunto

com Zaha Hadid, surgiram as primeiras propostas práticas dessa nova abordagem ao projeto urbano.

Ao se utilizar o urbanismo paramétrico, o usuário tem que ser consciente da sua função dentro do processo. Ele irá definir os pontos de parametrização, bem como a sua manipulação. Embora seguimos para um futuro com inteligências artificiais, atualmente, o papel do *software* é facilitar o funcionamento desse modelo parametrizado e não avaliar se ele está correto ou não.

O usuário age como elemento chave desse processo, ditando e manipulando os parâmetros. Já os *softwares* e sua capacidade de criar modelos de forma rápida, permitem ao usuário obter não apenas um produto, mas inúmeras opções, permitindo aos envolvidos avaliarem e usarem como referência para a tomada de decisões. Lima (2014) esclarece que a parametrização possibilita gerar de maneira rápida diferentes modelos a partir da manipulação de parâmetros, o que permite a criação de diferentes cenários, podendo ser utilizados para a tomada de decisão do projeto, independente da etapa em que se encontra.

A possibilidade de gerar diferentes ideias de um mesmo modelo é chamada de sistema generativo. Essa possibilidade de criar várias opções utilizando a mesma base abre um enorme potencial ao projeto, seja mudando a prioridade dos parâmetros ou os manipulando, é possível obter várias soluções para o mesmo projeto, com enfoques diferentes e ainda atrelado aos parâmetros iniciais. Lima e Kós (2014) explanam que por meio de técnicas de simulação e otimização progressiva, utilizando-se algoritmos voltados aos aspectos que se procura melhorar, os sistemas generativos servem de orientação para o modelo. Além disso, permitem alterações no projeto durante todo o seu desenvolvimento, o que permite um *input* de todos os envolvidos, ao mesmo tempo que traz um rápido retorno a quem está modelando, podendo visualizar em tempo real as alterações realizadas.

O Urbanismo Paramétrico surge como uma nova opção para o projeto urbanístico. Ao se pensar no espaço urbano por meio de parâmetros, é possível se ter uma visão muito mais clara das dinâmicas locais de forma focada em cada parâmetro, mas também podendo cruzar soluções, de forma a se otimizar o desenho.

O papel do usuário nesse processo é mediar, definindo os parâmetros, inserindo os dados dentro do *software*, manipulando-os até se atingir um modelo que após extensa análise de todos envolvidos e possíveis alterações, possa culminar em um projeto adequado ao local de implantação, pautado por todos os parâmetros selecionados no início do processo.

## Uma nova abordagem às cidades contemporâneas

De acordo com Leite (2012), deixamos de conceber cidades modernistas e agora nos encontramos com as metrópoles

contemporâneas, mutantes, com grandes áreas desarticuladas e dispersas. Dotadas de fluxos variados, com um tecido urbano fraturado, disperso, formado de vazios, onde o formal e informal se misturam. O crescimento horizontal afasta a população dos centros, aumentando o custo da infraestrutura bem como diminui a qualidade dos serviços oferecidos, gerando problemas sociais que culminam na degradação da cidade como um todo.

Surge no cenário recente um conceito de cidade que visa gerir essa dinâmica atual, projetando para uma vida mais comunitária, interligada, que utilize a alta densidade, o uso misto do solo e os transportes coletivos de forma organizada, incentivando a urbanidade e a vitalidade urbana.

A Cidade Compacta, de acordo com Rogers e Gumuchdjian (2001) “exige a rejeição do modelo de desenvolvimento monofuncional e da predominância do automóvel.” (p.38). A criação de núcleos compactos, com usos variados e espaços públicos, trazem à comunidade a oferta de diferentes serviços e a redução de deslocamentos, criando bairros cheios de vitalidade. Além disso, o sistema de transporte interligando esses núcleos, desafoga as vias, aumentando a qualidade e a velocidade desses sistemas. Esse modelo estimula o caminhar e o uso de bicicletas, com impacto não somente no trânsito, mas na qualidade de vida dos usuários.

Interligado à cidade compacta, devem estar conceitos de sustentabilidade. Ao se aumentar a densidade de forma organizada, é possível otimizar a infraestrutura urbana. Com investimentos em transporte público e nos espaços públicos, é possível se diminuir a utilização de automóveis e incentivar o desenvolvimento sustentável da cidade.

Apesar de Rogers não falar claramente sobre sustentabilidade, a sua cidade compacta tem repercussão dentro do urbanismo sustentável apresentado por Douglas Farr. Unindo os movimentos de *Smart Growth*, o Novo Urbanismo e as edificações de alto desempenho, Farr (2013) propõe a união destes três movimentos de forma a se obter um desenho urbano que integre práticas sustentáveis em todas as escalas. Valorização do pedestre, uso misto, várias nodais de transporte, preservação de áreas abertas; todos são pontos cruciais para a prática do desenho urbano sustentável.

Farr (2013) apresenta parâmetros potenciais para o projeto de bairros sustentáveis, que devem ser trabalhados para se atingir o alto desempenho, divididos em 5 atributos: Definição, Compacidade, Totalidade, Conexão e Biofilia. Resumidamente, os bairros devem ter centros e limites bem definidos, utilizando a densidade a favor da sustentabilidade, com oferta de diferentes usos e serviços, conexão do homem com a natureza e integração do transporte e uso do solo.

A cidade compacta e sustentável promove um sistema com alta densidade de forma planejada, utilizando o uso misto do solo. Esse modelo utiliza os conceitos de TOD (*transit oriented development*) e o *walkability*. De acordo com Acioly (1998), um sistema de transporte coletivo requer altas e

médias densidades para ser eficiente. Áreas com uma densidade adequada ao serviço de transporte tem visto uma diminuição no uso de automóvel e um aumento nos deslocamentos por transporte coletivo e a pé. O TOD implantado em Curitiba, combinando o uso misto do solo com altas densidades próximo às estações de transporte teve enorme sucesso, sendo utilizado como referência para outras cidades do mundo. Ao otimizar as estruturas, aumenta o número de usuários, diminui o custo a longo prazo e estimula todo o ambiente próximo a essas estações.

O conceito de cidade compacta e sustentável vem como uma diretriz, direcionando um desenvolvimento integrado, multinucleado, que trabalha a densidade de forma a maximizar a utilização do sistema viário enquanto ainda mantém a vitalidade urbana. A cidade compacta é apenas uma das várias propostas para a cidade do futuro, destacando-se por aproveitar uma tendência natural de aumento de densidade e gabarito, que aliada à outras teorias como o urbanismo sustentável poderá ser uma possível solução ao futuro de nossas cidades, pregando um crescimento consciente.

## Discussões Iniciais

As cidades atuais, fundamentadas no transporte privado com usos monofuncionais ao invés de um sistema coletivo de transporte e a valorização de um modelo híbrido de usos, devem ser repensadas e discutidas.

Como contraproposta a esse modelo de cidade, Rogers e Gumuchdjian (1997) propõem um modelo de cidade compacta, priorizando a mobilidade urbana, transporte coletivo de qualidade e espaços multifuncionais e públicos. Aliado a isso, o Urbanismo Sustentável, o desenho ambiental e a procura pelo conforto térmico entram conjuntamente a cidade compacta, estabelecendo parâmetros para ocupação, implantação de equipamentos e tecnologias, de forma a se obter um crescimento inteligente e sustentável da cidade, do seu desenho urbano até as tecnologias aplicadas nas edificações de alto desempenho.

O urbanismo paramétrico entra como uma forma de gerenciar todas essas dinâmicas que caracterizam a cidade compacta, os parâmetros de densidade, mobilidade, uso do solo, etc. A parametrização desses fatores permite trabalhar a interação entre eles à procura da sua otimização.

O projeto parametrizado aliado a um sistema generativo permite alterações durante todas as suas etapas, admitindo a geração e o teste de várias versões, o que possibilita uma melhoria constante do projeto urbano. Todas as alterações realizadas serão ligadas aos parâmetros que estarão vinculados aos conceitos que se deseja implementar, implicando em um projeto com um conceito muito presente e visível aos observadores.

Analisando o urbanismo paramétrico sobre um olhar prático, é perceptível o quão nova esta teoria é. A grande parte dos projetos ficam a nível de estudo preliminar, como uma futura

possibilidade de implantação. Apesar de grande parte dos estudos, incluso este, serem em meios acadêmicos; a grande maioria tem qualidade exemplar, bem contextualizados, valorizando o sítio físico, com conceitos perceptíveis a um olhar superficial e os que abordam a arquitetura também fazem uso da ferramenta parametrizada nas suas volumetrias, com diferentes formas e características que impressionam.

Os *masterplans* de Kartal-Pendik, realizado pelo escritório de Zaha Hadid e de Qing Long Hu, que uniu o governo chinês com a universidades de Pequim, Harvard e Laussane, fizeram interessantes contribuições para o urbanismo paramétrico, abordando diferentes arquiteturas e contextos, com diversos resultados e propostas, mas mostrando algumas das potencialidades do urbanismo paramétrico, tanto de modelagem como de análise do espaço urbano.

Deve-se entender a abordagem do urbanismo paramétrico não só como um meio para modelagem de formas complexas, mas sim como uma metodologia que, atrelada aos parâmetros definidos por meio de análises e conceitos, será possível projetar, de forma concisa e atrelada parametricamente aos conceitos do projeto.

## Dinâmicas urbanas na região de Bento Ferreira

A cidade de Vitória, capital do Espírito Santo, possui uma dinâmica característica de centros políticos/econômicos. A presença de grandes empresas como Vale e Petrobras, aliado ao Aeroporto Eurico Salles e os portos de Vitória e Tubarão, mostram a influência que a cidade possui em termos econômicos, apesar de sua pequena dimensão territorial. Essa dinâmica torna os poucos espaços vazios restantes ou com alto potencial mais valorizados ainda, e o bairro de Bento Ferreira entra nesse panorama.



**Figura 1:** Mapa de Bento Ferreira. Fonte: <https://www.openstreetmap.org>. Acesso em 24/06/2016

A escolha da poligonal de estudo se deu por vários motivos, todos eles decorrentes do atual momento de transformação que a cidade de Vitória está passando. Primeiramente, a falta de espaços para novos empreendimentos em áreas consolidadas tem feito a indústria da construção civil olhar para outras áreas com potencial, tanto por meio do seu zoneamento como pela disponibilidade de lotes. Dentro de Bento Ferreira, a poligonal delimitada pela Zona de Ocupação Controlada 04 do PDU de Vitória se caracteriza por oferecer um gabarito ilimitado e várias possibilidades para o seu uso.

Apesar das liberdades do zoneamento, ao se transitar pela região, fica claro que graças ao número de serviços e comércios que não são voltados ao morador e a grande quantidade de residências unifamiliares, o bairro tem uma dinâmica modesta, com algumas ruas desertas grande parte do dia, outras sobrecarregadas e uma vida noturna ínfima. O uso de automóveis se faz necessário pelas grandes distancias dos serviços e também pela falta de segurança ao pedestre. A maioria das vias do bairro estão hoje subutilizadas, principalmente quando comparadas a outros bairros de Vitória. Esse dimensionamento superior de suas vias coloca Bento Ferreira em uma situação de conforto para seu adensamento e futuro desenvolvimento, inclusive com a necessidade de implantação de ciclovias, inexistente no tracado atual.

O bairro de Bento Ferreira tem como característica ruas e avenidas que suportam uma grande capacidade de fluxo; alguns terrenos desocupados e uma parte ainda maior de terrenos subutilizados, que podem ser visados para

desenvolvimento, e o projeto de BRT (*bus rapid transit*) que atravessará o bairro pelo seu principal eixo, conectando as outras cidades que compõem a Grande Vitória. Todos esses fatores permitem afirmar que Bento Ferreira será alvo de valorização e é necessário que exista um controle sobre como esse desenvolvimento irá impactar os habitantes da região.

Baseado nas análises realizadas na região sobre a ótica da cidade compacta e sustentável, foram definidos alguns pontos de direcionamento urbanístico para a poligonal:

- a. A Avenida César Hilal deve ser o eixo articulador da poligonal. Graças a implantação do BRT, o TOD pode ser facilmente aplicado, otimizando o uso do solo e a relação densidade/transporte.
- b. Devem ser implantadas ciclovias nas ruas paralelas à Av. César Hilal e em algumas perpendiculares, conectando o novo traçado ao já existente da cidade, estimulando o uso de bicicletas não apenas dentro da poligonal, mas para grandes deslocamentos.
- c. Priorização da escala do pedestre, estimular o deslocamento a pé e de bicicleta, criar diversidade.
- d. De acordo com o clima da região (zona bioclimática 8), Romero (2000) define alguns princípios para a forma do tecido urbano, lotes e espaços públicos: construções separadas, rodeadas de árvores; edifícios mais altos intercalados com mais baixos, favorecendo a ventilação; lotes mais largos que compridos e seu alinhamento não deve ser rígido.

Essas diretrizes servirão como norteadores na hora de se projetar. A intenção não é de se definir ideias para se projetar, mas sim definir parâmetros básicos que serão modelados dentro dos softwares para se chegar em diferentes propostas.

## Experimentos

Para demonstrar a aplicação do urbanismo paramétrico na prática, foram escolhidos alguns *softwares* que se destacam na área da parametrização voltada para o desenho urbano. Cada um destes programas trabalha de uma forma diferente e, consequentemente, poderão fornecer diferentes resultados, permitindo o projetista ter uma gama de opções na hora de se trabalhar o projeto. Por serem *softwares*, existem funcionalidades que são próprias de cada um, enquanto algumas, como o próprio desenho paramétrico, são compartilhadas por todas.

Os *softwares* escolhidos foram os seguintes:

1. *Modelur* (*SketchUp plug-in*)
2. *Grasshopper* (*Rhinoceros 3D plug-in*)
3. *CityEngine*

Eles serão apresentados e depois será trabalhada a poligonal em cada um destes, de forma a demonstrar a parametrização dentro de cada e os possíveis resultados que

podem ser obtidos. Inicialmente será desenvolvida a poligonal no seu limite imposto pelo zoneamento e, a partir daí, serão trabalhados os parâmetros visando um modelo de cidade compacta e sustentável, seguindo algumas das diretrizes definidas, variando de acordo com as ferramentas de cada programa e verificando até que ponto for possível a manipulação de dados.

Deve ser acrescentado que todos os mapas e os levantamentos foram feitos dentro do *software* QGIS, os arquivos foram disponibilizados no site GeoWeb Vitória, onde são fornecidos de forma gratuita os *shapes* (.shp), e procurou-se utilizar o máximo as informações atribuídas nesses arquivos.

### Modelur + SketchUp

O *SketchUp* é um programa voltado para a criação de modelos 3D e também conhecido pela sua facilidade e seus múltiplos usos. Possui inúmeros *plug-ins* feitos pela sua comunidade de usuários pensados para auxiliar e agilizar a modelagem, dentre estes, o *Modelur* se destaca por oferecer a modelagem parametrizada voltada ao planejamento urbano. Seu principal diferencial é utilizar as modelagens 3D realizadas dentro do *software* como referência, atribuindo valores como índices de zoneamento ao mesmo tempo que permite a modelagem paramétrica das edificações.

Comparado aos outros *softwares*, ele é claramente mais simples, com rápida curva de aprendizado. Entretanto, ao se trabalhar na última versão gratuita disponível ao público (ele se encontra em beta fechado na data desta publicação) algumas das principais ferramentas para se trabalhar o urbanismo como taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento e afastamento foram removidas do *software*, que ainda permite a análise desses dados de forma bruta, mas que não podem ser manipulados pelo usuário, que fica limitado a trabalhar com o gabarito das edificações, área construída por pavimento e área bruta total. Enquanto em versões anteriores do *software*, que não estão mais disponíveis, essa funcionalidade era presente, tornando o programa deficiente comparado aos outros utilizados neste experimento. Aliado a isso, a dificuldade de se importar arquivos .dwg e .shp de forma a agilizar o desenho tornou o início da tentativa de modelagem ainda mais trabalhosa.

Como ferramenta de análise local em pequenas escalas, como uma quadra ou lote, o *software* tem grande funcionalidade, mas ao utilizar em uma escala como um bairro ou cidade, o trabalho torna-se extremamente braçal e requer mais atenção e tempo do usuário, o que acaba tornando a própria aplicação da parametrização em algo devagar e de pouco retorno. Contudo, seu desenvolvimento deve ser acompanhado de perto, pois apesar de não ser mais um *software* gratuito, o seu custo ainda é inferior aos outros apresentados aqui e, graças ao seu modelo de desenvolvimento que integra o usuário, as chances que o *software* seja aperfeiçoado são enormes.

### Grasshopper + Rhinoceros 3D

Talvez o *software* mais mencionado em publicações acerca do urbanismo paramétrico, o *Grasshopper* é um *plug-in* de programação visual que trabalha em conjunto ao *Rhino*. Ele permite explorar recursos sem exigir conhecimento prévio de programação por parte do usuário, mas ainda assim oferece variedade de ferramentas. Entretanto, apesar de facilitar a modelagem parametrizada por oferecer uma interface simples, ainda é necessário que o seu usuário tenha uma compreensão geral desse raciocínio lógico/matemático.

Ao iniciar o experimento dentro do *Rhino*, ficou perceptível porque é um dos *softwares* mais indicados por usuários para modelagem 3D. Sua interface simples e com ferramentas autoexplicativas tornam a experiência muito mais fácil. Ativando o *Grasshopper*, a experiência continua a ser amigável, pois apesar de trabalhar com programação, a utilização da programação visual torna a curva de aprendizado mais instintiva e o retorno em tempo real do programa facilita nas análises do código.

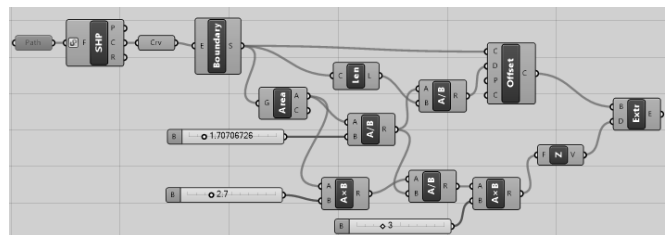
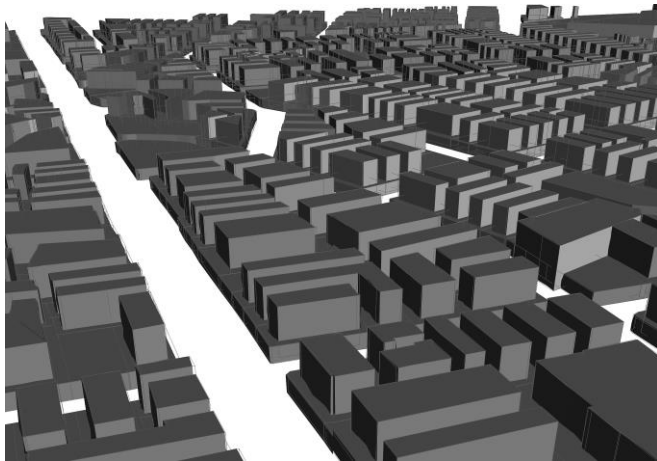


Figura 2: Componentes utilizados para criação do modelo.

A reprodução do potencial máximo atual se mostrou uma tarefa fácil se comparado aos outros *softwares*, com a divisão atual das quadras importada do arquivo .shp, foram utilizados componentes que tornavam o cálculo do coeficiente e os afastamentos necessários em um valor que permitia a extrusão dos *shapes* importados e criava a edificação máxima possível em cada lote.

Foi então feita uma extrusão referente aos primeiros dois pavimentos, com o afastamento frontal de 3m mais a taxa de permeabilidade, conforme o zoneamento permite para usos comuns, não residenciais e em hotéis e apart-hotéis. A extrusão seguinte visava simular a ocupação acima do segundo pavimento, utilizando a ocupação de 50% do lote e o coeficiente de aproveitamento de 2,7. Foi utilizado o fator de 1.707067258449983, que permitiu um cálculo que utiliza o perímetro do lote para o cálculo de 50% da ocupação, excluindo os valores que seriam sobrepostos nos cantos do polígono.



**Figura 3:** Simulação inicial pelo *Grasshopper*.

Analisando o modelo 3D, pode se perceber que o resultado não é um gabarito muito acentuado, de aproximadamente 8 pavimentos, demonstrando que apesar de algumas edificações ficarem abaixo desse gabarito, algumas outras chegam ao dobro, triplo deste valor, trabalhando o coeficiente de forma diferenciada, utilizando menos área construída por pavimento.

Apesar de ter se atingido o potencial atual, como não haveria alteração de vias, a modelagem de propostas envolveria ajustes no código e nos *shapes* importados, mas o *software* não consegue lidar muito bem com a alteração desses polígonos, gerando *offsets* em diferentes direções e a ferramenta de malha não se adaptava ao traçado atual. Isso não torna a modelagem em áreas consolidadas impossível, mas requer uma maior capacidade de programação e um computador capaz de acompanhar o processamento.

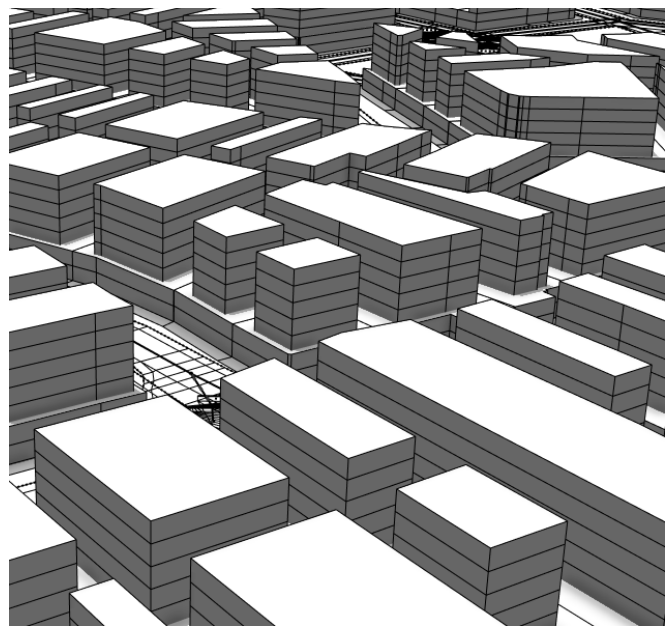
Como ferramenta de propostas, utilizando parâmetros como vias, proximidades, e empregando a enorme gama de controladores que o *Grasshopper* oferece, o limite para propostas fica retido na habilidade de programar do seu usuário, visto que em outros estudos a riqueza de detalhes e a facilidade de gerar propostas foram todas atingidas com o uso apenas do *Grasshopper*. Fica claro que a ferramenta é extremamente completa e de fácil trabalhabilidade, mesmo não sendo voltada especificamente para o desenho urbano.

### CityEngine + GIS

É um *software* para design, planejamento e modelagem de ambientes urbanos em 3D. Tem como maior destaque a integração com dados GIS, que permite a modelagem baseada em dados georeferenciados. Por meio de uma modelagem procedural, permite gerar modelos automaticamente, com regras pré-definidas, resultando em sistemas complexos e parametrizados. Por ser um *software* voltado para o desenho urbano, suas ferramentas são focadas para esse intuito.

Inicialmente foram importados os arquivos *.shp* dos lotes da poligonal e os eixos das vias. A facilidade de importar e trabalhar com arquivos de diferentes origens facilita muito o

trabalho dentro do *software*. Após inserir os arquivos que servirão de base foi iniciado a criação do *CGA Rule File* (*Computer Generated Architecture*), que é o código que vai gerir a modelagem dos *shapes* da poligonal. Enquanto se altera o arquivo *CGA* é possível visualizar em tempo real todas as alterações em projeto, o que facilita a observação de erros de código ou problemas com o projeto em si. As possibilidades são inúmeras ao se trabalhar com a criação do *CGA*, mas apesar de um repositório *on-line* vasto e uma ajuda técnica de qualidade, existem alguns entraves, principalmente quanto à linguagem, que foi criada especificamente para o *software*. O uso de termos ambíguos como *offset* e *setback* e a pequena quantidade de bases referenciais para o usuário, que apesar de ter grandes possibilidades com a ferramenta torna o processo exaustivo inicialmente devido a enorme quantidade de pesquisa necessária e a dificuldade inicial da linguagem. A medida que se manipula e se pesquisa acerca do funcionamento de cada regra e atributo, o ato de programar se torna ágil e natural, e permite o arquiteto focar nas particularidades do projeto.



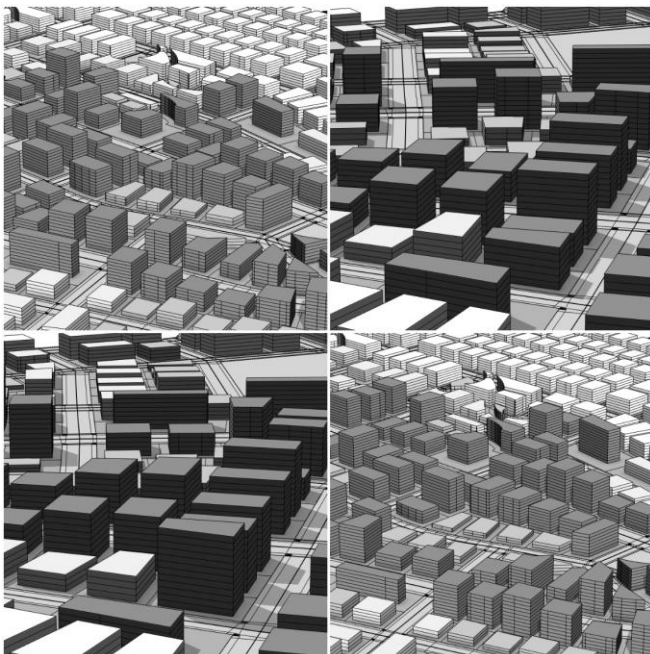
**Figura 4:** Simulação inicial dentro do *CityEngine*.

Ao gerar os modelos que fazem a ocupação máxima permitida pelo zoneamento, foi obtido um resultado similar ao do *Grasshopper*, e do ponto de vista sustentável e de conforto, essa utilização é impraticável. Apesar do gabarito inferior quando se utiliza toda a capacidade do terreno em cada pavimento, a ausência da obrigatoriedade de afastamentos laterais nos dois primeiros pavimentos e a ocupação dessa área que poderia ser livre acabam criando barreiras, que impedem a circulação do vento de forma natural, criando um microclima ao nível do solo que não favorece o transeunte.

Utilizando as diretrizes apresentadas ao fim do capítulo anterior foi decidido ignorar os afastamentos, estabelecendo que independente do uso da edificação, seria ocupado

apenas 50% do lote e que o afastamento seria distribuído entre os seus limites, criando diferentes distancias entre as edificações e além disso, seria trabalhado um gabarito máximo por uso, utilizando como parâmetro as diretrizes de Romero (2000) e outros exemplos funcionais na região.

Foram então criados três códigos (residencial, misto e comercial), que de forma randômica gerariam gabaritos variados dentro dos limites estabelecidos por cada uso. As simulações produzidas seguem as diretrizes, mas a ocupação do solo é livre. Apenas na Avenida César Hilal será evidenciado o uso misto ou edificações de concentração comercial, que possuem maior fluxo com o objetivo de se apoiar a implantação do BRT.



**Figura 5:** Experimentos realizados no *CityEngine*.

Os gabaritos foram definidos a partir de referências dentro da poligonal e também dentro da bibliografia utilizada, principalmente sobre os princípios bioclimáticos de Romero (2000), incentivando as diferentes alturas, limitando a altura das edificações puramente residenciais e criando um sistema que incentiva os diferentes gabaritos e usos.

Após a criação do código, é possível gerar inúmeras possibilidades para a região, de forma automatizada e rápida. O código criado é simples e pode ser incrementado para se adaptar a novas situações ou até mesmo se relacionar a outros parâmetros do próprio *CityEngine*, como largura de via, calçada, arborização e outros.

Apesar de não ter sido trabalhado neste experimento, é possível exportar esse arquivo tridimensional e fazer simulações, avaliando a questão climática, como insolação e a questão da ventilação, o que irá apenas incrementar a tomada de decisão.

## Considerações Finais

Após analisar e trabalhar com os três programas utilizados, é possível perceber que apesar de terem similaridades, com ferramentas parecidas no caso do *CityEngine* e *Grasshopper*, cada um destes programas tem o seu espaço dentro da modelagem paramétrica.

Apesar de ter sofrido alguns cortes nas suas funcionalidades, talvez com o objetivo de melhorias no *software* final, o *Modelur* tem um enorme papel como ferramenta de análise para índices urbanísticos, uma interface simples aliada à informações claras, facilitando o uso do *software*.

O *Grasshopper* talvez seja o programa que, de início, é o mais surpreendente, mas com poucos minutos explorando suas possibilidades fica claro que é um *software* simples, que facilita o processo da parametrização ao utilizar a programação visual. Com ferramentas intuitivas e similares a encontradas em outros programas, cabe ao usuário possuir o pensamento lógico para inserir os *nodes* adequados à situação. Apesar dessa facilidade, ele não foi concebido como uma ferramenta de criação e análise do meio urbano, necessitando de programas complementares para atingir outros resultados e extrair maiores informações desse modelo.

Dentro de área livres, em que é possível se manipular as vias e criar novas quadras, o *Grasshopper* é uma ferramenta incrível, como pode ser visto em outros estudos pelo mundo, mas dentro de uma malha fechada, como foi o objeto deste experimento, a ferramenta não permite total liberdade ao usuário e seu uso torna-se confuso e trabalhoso, demandando maior domínio sobre a ferramenta.

O *CityEngine* abrange os dois campos, tanto como ferramenta de análise como de modelagem 3D. Apesar de trabalhar com uma linguagem particular, muito confusa se comparada à programação visual, o programa todo foi pensado para modelagem de cidades, permitindo a integração com os *softwares* GIS e as ferramentas de desenho. O *software* possibilita trabalhar com todos os dados incorporados no arquivo *.shp*, auxiliando e dando maior definição aos parâmetros trabalhados. Além disso, ao definir exatamente o que é cada superfície, seja rua, calçada, quadra ou lote, o usuário tem a opção de criar códigos e configurações que afetem apenas aquele tipo de superfície. Por exemplo, criando um CGA específico para ruas, definindo a ciclovia ou um para as calçadas, inserindo árvores de uma forma parametrizada.

Ao se trabalhar os dois modelos de cidade abordados neste trabalho, fica claro que o atual modelo não difere muito em forma do que foi proposto como diretriz. Contudo, isso não significa que o modelo atual está indo no caminho certo. Como podemos ver na própria área de estudo, ao se dar liberdade de construção às incorporadoras, elas desenvolvem um modelo que prioriza o máximo uso do lote, o conforto visual dos seus habitantes e a vida que o empreendimento oferecerá ao seu morador, excluindo o entorno. Ao se analisar isso na prática, é perceptível que ao

se trabalhar apenas a edificação, todo externo a ela acaba sendo ignorado, e a vida urbana sai prejudicada. Não é apenas um erro arquitetônico, mas um erro urbano, que irá impactar todos que se relacionam com as proximidades destes empreendimentos. É necessário impor limites ao que é possível dentro do zoneamento, não apenas visando a estética da cidade, e sim a dinâmica dos usos e como essa edificação irá ocupar o terreno.

O Urbanismo Sustentável apresentado por Farr (2013) conceitua claramente que para se praticar essa teoria, todo o ecossistema urbano deve ser direcionado a isso, e não apenas a práticas isoladas. A integração de um desenho urbano sustentável, com práticas que abordam tanto a escala macro, como a implantação do TOD, com vias voltadas para os pedestres, incentivo ao uso de bicicletas; como a escala micro, dentro dos lotes, trabalhando a arquitetura bioclimática e o incentivo para a criação de edificações e infraestruturas de alto desempenho, visando um crescimento inteligente.

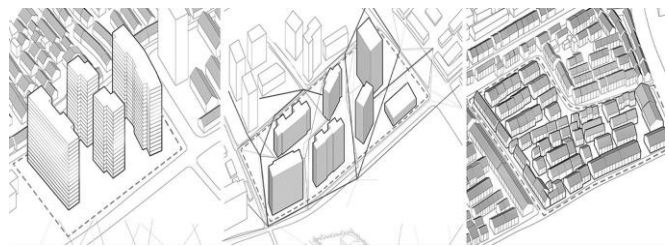
A integração do urbanismo paramétrico ao sustentável se mostrou rica e com um enorme potencial que não pode ser abordado plenamente neste estudo e requer futuras análises. Os parâmetros definidos por Farr (2013) se encaixam perfeitamente no que o urbanismo paramétrico pode manipular, o que torna fácil a adoção das teorias em conjunto. A cidade compacta apresentada por Rogers (2001) serve como uma possível alternativa ao futuro das nossas cidades, mas apesar de não deixar claro práticas sustentáveis dentro da sua abordagem, o urbanismo sustentável apresentado por Farr (2013) preenche essas lacunas, apresentando a integração de desenho urbano com práticas de crescimento inteligente até chegar na edificação de alto desempenho.

Entretanto, apesar dessa integração entre teoria e *softwares*, são dois os empecilhos que podem afastar o usuário da prática do urbanismo paramétrico: a complexidade dos *softwares* utilizados e a limitação de processamento do computador. Primeiramente, a programação não compõe a grade curricular básica do curso de arquitetura e urbanismo, e ao se trabalhar nos principais *softwares* que atualmente permitem a parametrização de forma plena, é necessário ter conhecimento básico de algumas linguagens de programação, ou se ter alguma ideia do pensamento lógico. Apesar de existirem sites na internet que visam o ensino da programação, a linguagem utilizada nos *softwares*, especialmente no *CityEngine*, é muito específica e para um usuário inicial pode ser motivo de frustração ou até mesmo de desistência. É necessário, não apenas para o urbanismo paramétrico em si, mas para os outros inúmeros *softwares* voltados para a arquitetura e urbanismo, que o estudante tenha em sua grade curricular o ensino de disciplinas que abordem a programação, não com o intuito apenas de que ele consiga trabalhar estes programas, mas para incentivar a criação de *softwares* que se adaptem a necessidade própria, criado por arquitetos e urbanistas para arquitetos e urbanistas.

Falando especificamente dos computadores, como fica a carga deles todos os cálculos necessários para a criação do modelo tridimensional, é de se esperar que quanto maior seja esse modelo, ou mais detalhado, mais eles serão requisitados. Os *softwares* são atualizados regularmente, sempre buscando o melhor desempenho da máquina, oferecendo maior poder de processamento, sempre se aproximando ao limite. Para aproveitarmos mais dos modelos e suas informações, é necessário o uso de computadores mais poderosos, com processamento mais rápido. O usuário comum observa na limitação de processos da máquina o seu limite de projeto, não apenas dentro do urbanismo paramétrico, mas também no modelo *BIM*. Quanto mais informação dentro do modelo, maior será o arquivo e o processamento necessário. É imprescindível que o responsável por inserir as informações no *software* trabalhe corretamente, avaliando quais dados são importantes, e até que ponto o computador irá suportar todos esses dados, definindo prioridades. Neste experimento, por exemplo, a parte estética das edificações não foi trabalhada para se obter o melhor desempenho possível dentro do experimento.

O uso de sistemas que integrem o processo de tomada de decisão, aliando arquitetos e urbanistas, poder público e a população, para o crescimento de uma cidade inteligente e sustentável deve ser incentivado. O urbanismo paramétrico permite a junção de vários *inputs*, dos mais variados setores, de uma forma a se obter um projeto de desenvolvimento eficiente de forma ágil, com informações ricas e que permite a geração de vários modelos dinâmicos que servirão de base para uma proposta futura.

Esse design colaborativo permite unir em um só produto diferentes visões e abordagens ao processo criativo de construção das cidades do futuro. Diferentes experiências, inclusão do usuário final na cadeia de criação e a junção de diversas disciplinas permitem o desenvolvimento de um modelo otimizado, aberto a diferentes entradas de dados e que irá produzir um resultado de qualidade superior devido a essa integração entre disciplinas.



**Figura 6:** Análises feitas pelo grupo Colouree

Deve se destacar o grupo italiano *Colouree*, que oferece ferramentas de planejamento para uma cidade inteligente. Eles trabalham com a organização dos dados fornecidos dentro de um modelo parametrizado, utilizando principalmente o *Grasshopper*, permitindo a simulação de vários cenários, com o intuito de ajudar tanto propostas públicas quanto privadas. A disseminação de grupos como o *Colouree* deve ser incentivada, visto que permite uma



análise muito mais abrangente da cidade, com a possibilidade de participação de todos os envolvidos no meio urbano, do projetista ao gerenciador, chegando na população que constituirá esse espaço.

Por meio de um urbanismo sustentável paramétrico é possível gerar estudos e experimentos que possam dar soluções a cidade atual, de uma forma constantemente atualizada, rica em dados e onde grande parte desses dados podem ser parametrizados e trabalhados para melhorar o meio urbano.

## Agradecimentos

Agradeço ao professor Camilo Simão de Lima pelo apoio e conselhos durante todas as etapas deste experimento, incentivando a pesquisa e o desenvolvimento de novas práticas dentro da computação gráfica aplicada a arquitetura e urbanismo.

## Referências

Acioy, C. (1998). *Densidade Urbana: um instrumento de planejamento e gestão*. Rio de Janeiro: Mauad.

Farr, D. (2013). *Urbanismo Sustentável: desenho urbano com a natureza*. Porto Alegre: Bookman.

Leite, C. (2012). *Cidades Sustentáveis, Cidade inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano*. Porto Alegre: Bookman.

Lima, F. (2014). A parametrização do conceito de cidade compacta: Uma abordagem pós-moderna para centros urbanos contemporâneos sustentáveis. *Oculum Ensaios* (pp. 259 - 270). São Paulo: PUCCAMP.

Lima, F., & Kós, J. R. (2014). Pensamento algorítmico, parametrização e urbanismo sustentável: uma avaliação de parâmetros para estratégias de projeto urbano inteligente. *Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Design in Freedom [=Blucher Design Proceedings, v. 1, n.8]* (pp. 360-364). São Paulo: Blucher.

Rogers, R., & Gumuchdjian, P. (2001). *Cidades para um pequeno planeta*. Barcelona: Gustavo Gili.

Romero, M. A. (2000). *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. São Paulo: ProEditores.