

## **ESTUDO E COMPARAÇÃO DE SOFTWARES RELACIONADOS AO PROJETO CLIMÁTICO PARA UTILIZAÇÃO NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO.**

**Carolina Bini (1); Marcelo Galafassi (2)**

(1) Arquiteta e Urbanista, graduada pela Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI,

[arqcarolinabini@gmail.com](mailto:arqcarolinabini@gmail.com). Tel.: (47) 98812-8014.

(2) Arquiteto e Urbanista, Mestre, Professor do curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI. [galafassi@univali.br](mailto:galafassi@univali.br). Tel.: (47) 3261-1357.

### **RESUMO**

No curso de graduação, a utilização de experimentos didáticos e atividades práticas tendem a tornar as aulas mais intensas e facilitar a compreensão dos conteúdos. Quando os conceitos estão consolidados e o conteúdo está assimilado, torna-se útil a utilização de ferramentas que agilizem o processo projetual podendo, quando empregadas de maneira adequada, tornar as aulas mais dinâmicas. *Softwares* que simulam situações de projeto são amplamente utilizados em pesquisas das áreas de Conforto Ambiental, abreviando o tempo empenhado no estudo preliminar de um projeto. É possível projetar e testar sistemas de iluminação, avaliar o comportamento climático da edificação, projetar edificações para que obtenham um melhor aproveitamento da insolação e ventilação e também avaliar o nível de radiação em ambientes. Este artigo tem como objetivo apresentar o estudo e a comparação de *softwares* que demonstrem a utilização de estratégias bioclimáticas a fim de determinar uma efetiva aplicação no ensino das disciplinas de Conforto Ambiental no curso de Arquitetura e Urbanismo. Assim, foram definidos como critérios para avaliação de *softwares*: acesso, utilização, compreensão, velocidade, confiabilidade, desempenho, interface, resolução e viabilidade. Com esses critérios foi possível estabelecer uma metodologia de classificação dos *softwares*, para que se pudesse avaliar a maneira como poderiam ser utilizados, seus pontos positivos e negativos e suas características. Com base neste estudo, foram feitas comparações e análises de *softwares* que podem ser utilizados como *plug-ins* do programa *Rhinoceros: Grasshopper, Honeybee, Ladybug e DIVA*. Diagramas de análise solar serão programados em cada *software* e variáveis serão visualizadas. A análise é realizada individualmente para cada programa e posteriormente comparada em uma tabela, contendo características consideradas adequadas para análises climáticas, como: temperatura, umidade, insolação, ventilação, iluminação, radiação. Essa será uma maneira de aplicação dos exercícios em sala de aula, de modo que os alunos identifiquem como realizar atividades, projetos e aplicações de estratégias bioclimáticas com o auxílio de ferramentas computacionais. Este artigo pretende divulgar um modelo operacional para a integração entre ensino e *softwares* para auxílio no projeto bioclimático, introduzindo os *softwares* juntamente com o entendimento teórico dos alunos, mostrando como solucionar os problemas bioclimáticos com simulações computacionais.

Palavras-chave: estratégias; ferramentas digitais; métodos de simulação.

### **ABSTRACT**

The undergraduate level, the utilization of teaching experiments and practical activities tend to make classes become more intense and to facilitate the understanding of the contents. When concepts are consolidated and the content is assimilated, it is useful to use tools that streamline the design process and can, when used properly, make classes more dynamic. Design software that simulate situations are widely used in research in the areas of Environmental Comfort, shortening the time engaged in preliminary study of a project. It is possible to design and test lighting systems, evaluate the climatic behavior of the building, project buildings to obtain a better utilization of sunlight and ventilation and also assess the level of radiation environments. This article aims to present the study and comparison between software to demonstrate the use of bioclimatic strategies in order to determine an effective application in the instruction of the discipline of Environmental Comfort in the course of Architecture and Urbanism. Therefore, were defined as criteria for software evaluation: access, use, understanding, speed, reliability, performance, interface, resolution and viability. With these criteria was possible to establish a classification of software methodology, in order that it could assess how it should be used, its strengths and weaknesses and its

characteristics. Based on this study, was made comparisons and analysis between software, which can be used as plug-ins of Rhinoceros program: Grasshopper, Honeybee, Ladybug and DIVA. Solar analysis diagrams will be scheduled in each software and variables will be displayed. The analysis is performed individually for each program and then compared in a table containing features considered adequate for climate analysis, such as: temperature, humidity, insolation, ventilation, lighting and radiation. It will be a way of implementation of exercises in the classroom, in order that students identify how to perform activities, projects and applications of bioclimatic strategies with the aid of computational tools. This article intends to release an operating model for the integration between education and software to aid in bioclimatic design, introducing the software along with the theoretical understanding of the students, showing how to solve the bioclimatic problems with computer simulations.

Keywords: strategies; digital tools; simulation methods.

## 1. INTRODUÇÃO

A disciplina de Conforto Ambiental pertence a ementa do curso de Arquitetura e Urbanismo e estuda o comportamento do clima das edificações que se relacionam com o conceito de arquitetura bioclimática. Considera-se que os edifícios são como um envelope protetor em torno do espaço habitado, e os elementos climáticos de seu exterior e interior são colocados em teste a partir das opções de projeto definidas pelo arquiteto (WATSON & LABS, 1983). Além das edificações, há a abordagem do urbanismo bioclimático, que contribui para o entendimento das consequências da urbanização para o conforto humano, delimitando diretrizes para a melhor forma de atuação do projetista (OLGYAY, 1998).

Para que os alunos possam compreender o comportamento de cada variável climática, os conceitos são apresentados em aulas teóricas seguidas de exercícios de fixação, como por exemplo, a identificação da melhor insolação em uma determinada fachada. A informação imediata que se pode extrair das cartas solares é relativa ao horário de insolação sobre superfícies horizontais e verticais, de acordo com a orientação determinada. Cada local possui uma carta solar característica, variando de acordo com o ângulo de incidência do sol (SNYDER & CATANESE, 1984). Posicionada a edificação de acordo com suas coordenadas, as datas de equinócio e solstício são identificadas e seus respectivos horários de melhor e pior insolação visualizados. Assim observam-se as possíveis intervenções em uma fachada, fazendo com que o arquiteto possibilite que a edificação tenha melhor condição de uso, protegendo-a das condições climáticas desfavoráveis e adequando-as as características físicas e climáticas do lugar onde se pretende viver (VIANNA & GONÇALVES, 2007).

Durante a concepção do projeto, o arquiteto deve dedicar especial atenção ao clima e ao contexto onde a edificação será inserida, buscando atender aos requisitos necessários para a obtenção de conforto. Para ROUDSARI & PAK (2013), é fundamental que o projeto arquitetônico cumpra as metas estabelecidas em suas decisões de projeto. Essas decisões, por sua vez, necessitam de ensaios, estudos e simulações, que podem ocorrer com a utilização de *softwares* especializados em análises bioclimáticas.

A maior dificuldade dos exercícios está em analisar a arquitetura atual e possivelmente futura, que usa como base os *softwares* paramétricos, reproduzindo formas orgânicas e assimétricas, difíceis de serem realizadas em desenhos à mão ou em programas já conhecidos, como o AutoCAD (autodesk.com). Além disso, as análises climáticas de formas ameboides são imprecisas através de desenhos técnicos realizados a mão. Para os métodos de projeto computadorizados, novos programas foram criados para auxílio nas decisões projetuais, e alguns deles foram selecionados para estudo nesse trabalho, reproduzindo os exercícios feitos em aula na tela do computador e adaptando os conceitos tradicionais de conforto ambiental para a arquitetura.

Durante a graduação, é comum que os alunos utilizem as ferramentas digitais para auxiliar em suas atividades acadêmicas. No entanto, essa experiência ocorre, em muitos casos, sem uma metodologia definida. Considerando a grande quantidade de programas desenvolvidos e disponíveis na área de Conforto Ambiental, é interessante que se possa mapeá-los e utilizá-los em sala de aula, como mais uma opção de ensino. Este mapeamento permitirá que sejam selecionados os *softwares* mais adequados ao ensino da disciplina nos semestres iniciais do curso de graduação, ponto chave para a inserção dos conceitos do projeto bioclimático.

Os *softwares* escolhidos neste trabalho tiveram como diretriz a modelagem paramétrica, tipo de representação gráfica que está se desenvolvendo e se tornará fundamental para a consolidação da arquitetura de formas orgânicas e assimétricas. Os programas foram selecionados e estudados de acordo com algumas análises climáticas que são ensinadas na disciplina de Conforto Ambiental do início do curso. O estudo aqui realizado tem o intuito de complementar as atividades feitas em sala de aula, reproduzindo as simulações manuais nas simulações computacionais.

Um dos programas mais utilizados para a modelagem paramétrica é o *software Rhinoceros (rhino3d.com)*, que ganhou espaço entre os arquitetos nos últimos anos. É um programa acessível gratuitamente em versão estudantil e está disponível com versões para *Windows* e *Mac OS*. Sua principal vantagem é a visualização de modelagens 2D e 3D na mesma área de trabalho, possibilitando ao usuários diferentes visões do objeto construído. Além disso, permite trabalhar com outros *plug-ins* desenvolvidos para aumentar o desempenho de criação dos modelos.

Outro *plug-in* que ganhou reconhecimento pelos estudantes foi o *Grasshopper (grasshopper3d.com)*, programa de modelagem algorítmica que permite ao arquiteto programar formas adicionando e conectando comandos uns aos outros, diminuindo o receio dos desenhistas em desenharem sem visualizar a forma na tela do computador. Tem como característica principal os comandos em forma de “pilhas” ou “baterias”, que se conectam por cabos de acordo com a necessidade do autor, formando várias possibilidades diferentes de uso em apenas um único comando. Esse *software* existe apenas para *Windows* e pode ser adquirido gratuitamente.

Auxiliando os dois *softwares* citados, encontram-se os *plug-ins* específicos para análises ambientais, como *Ladybug (grasshopper3d.com)*, *Honeybee (grasshopper3d.com)* e *DIVAforRhino (diva4rhino.com)*, todos os *plug-ins* existem até o momento apenas em versões para *Windows*, e podem ser adquiridos gratuitamente. Esses cinco *softwares* foram selecionados para estudo e simulações neste trabalho.

## 2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é apresentar o estudo e a comparação de *softwares* que demonstrem a utilização de estratégias bioclimáticas a fim de determinar uma efetiva aplicação no ensino das disciplinas de Conforto Ambiental no início do curso de Arquitetura e Urbanismo.

## 3. MÉTODO

Para o estudo e comparação dos *softwares* que demonstrem a utilização de estratégias bioclimáticas, esta pesquisa foi desenvolvida em três etapas:

1. Seleção de *softwares* atuais voltados à análises climáticas para estudo. Nesta etapa, serão pesquisados diversos *softwares* disponíveis gratuitamente para acesso e selecionados entre eles os programas que se destaquem como mais atuais e completos em análises bioclimáticas;
2. Reconhecimento das funções oferecidas pelos *softwares* escolhidos. Identificando a interface de cada programa, seus principais comandos e pesquisando tutoriais que ensinem a realizar os estudos climáticos de forma compreensível;
3. Comparação de funções dos *softwares* analisados para uso em sala de aula. Depois do reconhecimento das principais funções de cada programa, uma tabela será construída com características consideradas adequadas para os *softwares*, como: funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenção e portabilidade. Além da comparação das funções de cada *software*, também serão comparadas características relacionadas à seu acesso, como: acesso, utilização, compreensão, velocidade, confiabilidade, desempenho, interface, resolução e viabilidade.

### 3.1. *Softwares* voltados a análises climáticas

Durante o processo de desenvolvimento de um projeto de arquitetura, os desenhos são modificados e revisados para acompanhar as decisões tomadas pelos arquitetos. Ao se projetarem formas mais complexas, essas revisões são mais lentas. Com a modelagem paramétrica, por meio de uma estrutura principal em determinado programa gráfico, parâmetros são definidos pelo autor do desenho. Assim, por exemplo, quando se resolve modificar uma medida do desenho, todos os outros componentes relacionados à essa medida se adaptam automaticamente.

A parametrização torna-se uma poderosa ferramenta digital para explorar diferentes configurações geométricas em projetos de arquitetura (FLORIO, 2009), provando-se cada vez mais eficaz no processo de projeto, facilitado a manipulação das formas pelo usuário, que cria edifícios cada vez mais complexos e exclusivos, gerando em seu desenho um grande número de componentes relacionados à parâmetros. A modelagem paramétrica foi determinada como diretriz de escolha dos *softwares* escolhidos para análise climática, por ser uso futuro na representação gráfica de projeto arquitetônicos em computadores.

### 3.1.1. *Rhinoceros 5.0*

Foi o *software* escolhido como agente principal do trabalho, pois todos os outros programas e *plug-ins* funcionam internamente a ele, utilizando-o como forma de visualização das análises programadas. É um dos programas mais utilizados para a confecção de modelos paramétricos, que opera com recursos NURBS (*Non Uniform Rational Beta Splines*), curvas determinadas pelo autor do desenho, sem proporção ou simetria, possibilitando a criação de qualquer forma 2D ou 3D.

Não muito popular no Brasil, surgiu nos anos 1990 nos EUA como um comando do AutoCAD, e com sua grande repercussão se desenvolveu como um *software* principal, que permite a execução de desenhos em 2D e, por meios de configurações, se transformam em visualizações 3D. A visualização permitiu aos arquitetos explorar formas tridimensionais complexas e desenvolvê-las de uma maneira que eles não podiam fazer facilmente pelo método manual (LAWSON, 1999).

Sua interface, ou área de trabalho é muito parecida com a do AutoCAD e os comandos básicos são os mesmos nos dois *softwares*, como *line*, *explode* e *offset*. O que diferencia o *Rhinoceros* do AutoCAD é a facilidade de visualizações de topo, perspectiva, frente e lateral da forma de uma única vez, e a possibilidade de trabalhar com *plug-ins* ao mesmo tempo e na mesma tela.

### 3.1.2. *Grasshopper*

Um dos *plug-ins* mais conhecidos para se trabalhar no *Rhinoceros* é o *Grasshopper*, programa que utiliza a modelagem paramétrica através de programação algorítmica, determinando as formas matemáticas representadas por desenhos de “pilhas” ou “baterias”, que se conectam e montam as formas vistas na interface do *Rhinoceros*. Esse *plug-in* também foi escolhido para análise nesse trabalho.

O crescente interesse dos estudantes de arquitetura por formas de grande complexidade, tem gerado novas tecnologias digitais que executam geometrias não-euclidianas. O *software* *Grasshopper* é o mais conhecido nessa área (*grasshopper3d.com*). Sua vantagem é a parametrização de qualquer forma, ou seja, a possibilidade de controle de medidas que variam conforme a pré-determinação das conexões de pilhas e baterias. Criado em 2008, esse *plug-in* ajuda os profissionais e estudantes a trabalhar com comandos que tem embutidos a eles a programação algorítmica que antes tinha sua visualização em outros *softwares* na forma de texto, considerada confusa pelos arquitetos. É por meio desse *software* que o avanço das formas se consolida, pois a operação de pontos e linhas que formam as figuras se tornam possíveis e incentivam a construção de formas de grande complexidade.

Para complementar o *software* *Grasshopper*, vários novos *plug-ins* foram criados e disponibilizados para auxiliar o trabalho em áreas específicas. Esses podem ser adicionados à interface do *Grasshopper*, aumentando a quantidade de comandos e diversos tipos de construção de formas. Os escolhidos para estudo neste trabalho foram os *plug-ins* que se concentram em análises bioclimáticas, complementando as formas com gráficos de temperatura, insolação e ventilação. Esses programas são: *Ladybug*, *Honeybee*, *DIVAforRhino*, *Radiance*, *Daysim* e *EnergyPlus*. Todos podem ser adquiridos de forma gratuita.

### 3.1.3. *Ladybug, Honeybee, Radiance, Daysim e EnergyPlus*

*Ladybug* é um *plug-in* livre para o *Grasshopper*, e está relacionado com análises bioclimáticas. Permite que o arquiteto explore a relação direta entre dados ambientais referenciados por uma carta climática de local específico e a geração da forma, através de dados gráficos 2D ou 3D que são visualizados no *Rhinoceros*, apoiando as tomadas de decisões durante as primeiras etapas de projeto. Estão disponíveis em sua interface análises de radiação, insolação, orientação dos ventos, além de estudos energéticos e de iluminação natural usando os *plug-ins* *EnergyPlus*, *Daysim* e *Radiance*.

*Honeybee* também é um *plug-in* livre para o *Grasshopper* e se relaciona com análises bioclimáticas. Enquanto o *Ladybug* trabalha sozinho, o *Honeybee* precisa de sua ajuda para inserir dados climáticos e comandos de datas e horários. Também dispõem de análises de radiação, insolação, orientação dos ventos e estudos energéticos usando os *plug-ins* *EnergyPlus*, *Daysim* e *Radiance*.

### 3.1.4 *DIVAforRhino*

*DIVAforRhino* é um *plug-in* para o *software* *Rhinoceros* que analisa estudos energéticos e iluminação natural das edificações. Foi inicialmente desenvolvido na Escola de Graduação em Design na Universidade de Harvard e é distribuído pela *Solemma LLC* (*Diva4rhino.com*). O programa permite que o usuário realize

avaliações de edifícios individuais e também de áreas urbanas. Além de funcionar no *Rhinoceros*, também é possível instalar seu *plug-in* no *Grasshopper*.

### 3.2 Funções oferecidas pelos softwares escolhidos

#### 3.2.1. *Rhinoceros*

A interface do *software Rhinoceros* se divide em quatro vistas diferentes: topo, frontal, lateral e perspectiva. Isto possibilita a visualização completa do objeto. Acima de suas vistas encontra-se a barra de comandos, onde se digita o comando desejado e se verifica a ordem de atividades realizadas. À esquerda da tela, está a barra de tarefas, onde os principais comandos se localizam. À direita, estão as propriedades do desenho, local onde se verificam as camadas do desenho, o tipo de visualização desejados, eixos e medidas. Abaixo da tela, é possível identificar as páginas de desenhos, as coordenadas do plano, a unidade de medida que se trabalha e mais comandos de desenho (Figura 1). Todas essas funções podem ser configuradas e modificadas de acordo com a necessidade do autor. Neste trabalho o *Rhinoceros* teve a função de visualização de gráficos e construção da forma, servindo de base para os outros *softwares* analisados.

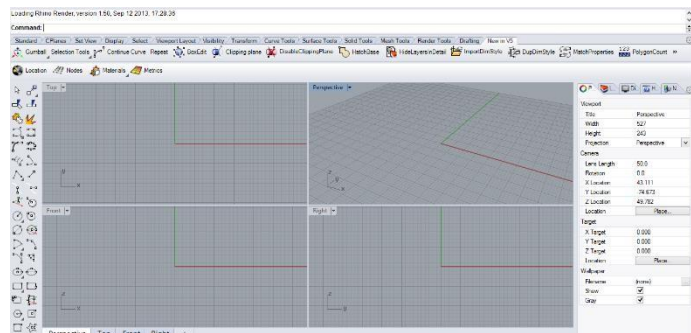


Figura 1. Interface *Rhinoceros*.

Fonte: Imagem registrada pelo autor.

#### 3.2.2. *Grasshopper*

O *Grasshopper* é um *plug-in* que está inserido dentro do *software Rhinoceros*. Para obter acesso ao programa é necessário que o *Rhinoceros* esteja instalado no computador. Assim, quando se dá início a esse *software*, basta apenas digitar o comando “*Grasshopper*” e o *plug-in* se inicia. É possível trabalhar com esse *plug-in* ao mesmo tempo em que se trabalha com o *Rhinoceros*, ou seja, no *Grasshopper* é feita a programação da forma por meio dos comandos e ligações das pilhas de sua interface e o desenho da forma ou do gráfico aparece no *Rhinoceros*.

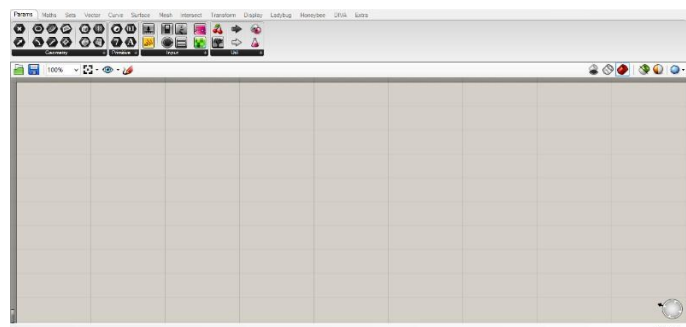


Figura 2. Interface *Grasshopper*.

Fonte: Imagem registrada pelo autor.

A interface do *Grasshopper* tem uma tela principal onde a programação desejada é realizada. A barra de tarefas se encontra acima da tela principal de desenho e todos os comandos se organizam em abas de acordo com suas próprias funções (Figura 2). Quando um novo *plug-in* é adicionado ao *Grasshopper*, uma nova aba é criada no lado direito de todas as outras abas e os comandos são dispostos da mesma maneira. Assim, quando novas ferramentas são adicionadas, a ordem do *plug-in* continua.

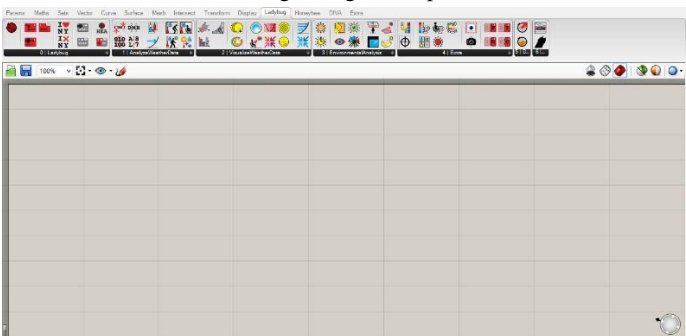


Figura 3. Interface *Ladybug*.

Fonte: Imagem registrada pelo autor.

#### 3.2.3. *Ladybug*

*Ladybug* é um *plug-in* que funciona no *Grasshopper*. Sua interface é semelhante à apresentada pelo *Grasshopper*: tem sua tela principal de desenho e sua barra de tarefas acima da tela principal. Seus comandos também são separados por tipo, mas apenas em uma aba

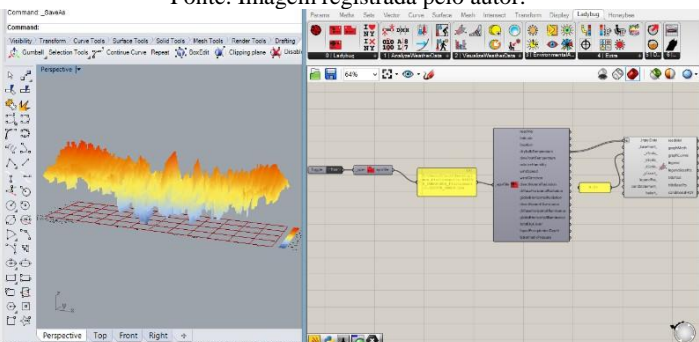


Figura 4. Análise de temperatura anual – *Ladybug*.

Fonte: Imagem registrada pelo autor.

(Figura 3). As análises no *Ladybug* se iniciaram importando o arquivo climático em .EPW (Energy Plus Weather Data) da cidade desejada, Florianópolis-SC. Essa cidade foi escolhida, por ter o arquivo climático semelhante ao de Balneário Camboriú, que é a cidade onde se localiza a Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, onde a maior parte da pesquisa foi realizada pelos autores.

Depois do arquivo ser referenciado, fez-se a análise de temperatura anual e média da cidade escolhida (Figura 4). Após o gráfico de temperatura, novos dados foram inseridos aos comandos trabalhados no *Grasshopper* e foi possível a comparação entre dados de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento na cidade (Figura 5).

Realizando os gráficos acima, foi possível perceber que apenas conectando e desconectando comandos, vários dados são adicionados e o que já foi avaliado não se modifica. A próxima análise realizada foi a da carta solar e a temperatura do dia de acordo com as posições do sol durante o ano em todos as datas e horários. Todos os comandos existentes das análises anteriores não precisaram ser desconectados, apenas desligados e um comando de carta solar foi adicionado à área de trabalho. Quando configurado, gerou um gráfico de carta solar no *Rhinoceros* mostrando a temperatura diária na cidade de Florianópolis. Com mais algumas configurações, foi possível comparar a temperatura e a umidade de acordo com a posição do sol diariamente (Figura 6).

Além das análises de temperatura e insolação, também foram avaliados os gráficos de direção dos ventos na cidade. Primeiro se usou o comando geral de direção de ventos do *plug-in* e depois o autor escolheu um intervalo de datas para gerar o gráfico. Após a realização desse gráfico, se juntou à informação dos ventos, a variação de temperatura no mesmo intervalo de dias definido anteriormente, e dois gráficos foram gerados para comparação (Figura 7).

#### 3.2.4. *Honeybee*

*Honeybee*, como o *Ladybug*, é um *plug-in* que funciona dentro do *Grasshopper*. Sua interface é

semelhante à do *Grasshopper*. Sua barra de tarefas está localizada na parte de cima da interface, com comandos separados por tipo em apenas uma aba (Figura 8). Para a análise climática nesse *plug-in*, primeiro se criou uma forma simples na área de trabalho do *Rhinoceros*, um cômodo com uma janela e depois, a edificação ganhou orientação e sua abertura se voltou para oeste. Concluído o desenho da forma, foi iniciado o trabalho no *Grasshopper*, referenciando o local com a ajuda do *plug-in Ladybug* e criando superfícies na edificação para posterior análise (Figura 9). O *plug-in Honeybee* necessita de alguns outros *plug-ins* para funcionar corretamente, são eles: *Radiance*, *Daysim* e *EnergyPlus* 8.0.1. Essa versão do *EnergyPlus* é

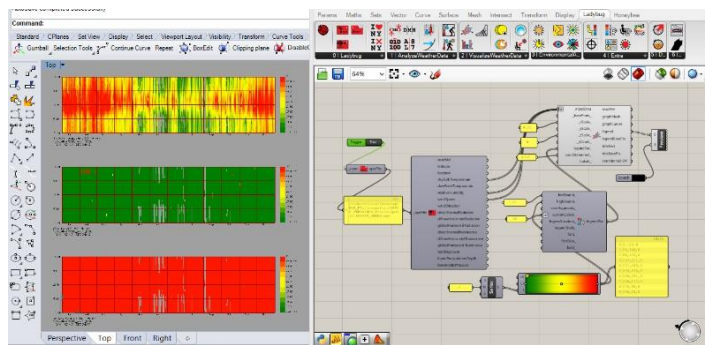


Figura 5. Comparação entre dados – *Ladybug*.  
Fonte: Imagem registrada pelo autor.

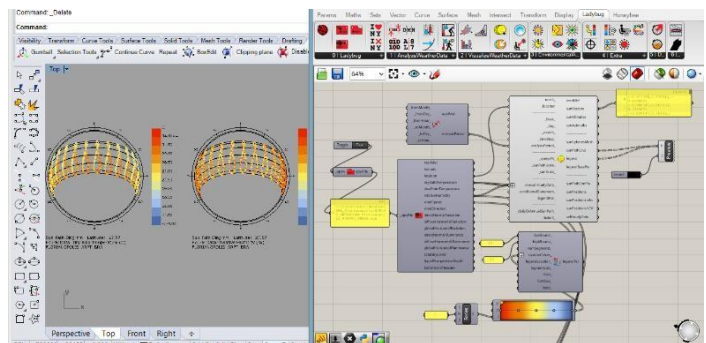


Figura 6. Comparação entre temperatura e umidade anual.  
Fonte: Imagem registrada pelo autor.

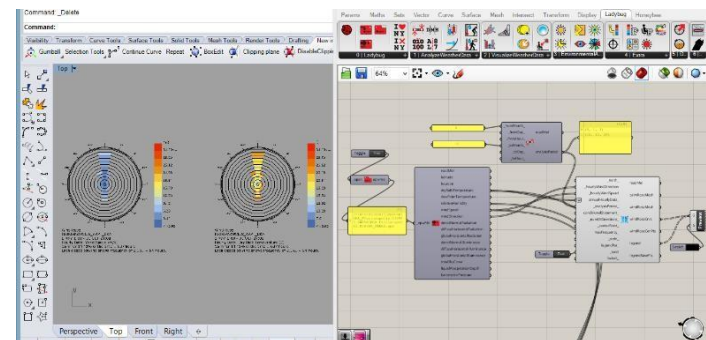


Figura 7. Comparação de direção de ventos e variação de temperatura. Fonte: Imagem registrada pelo autor.

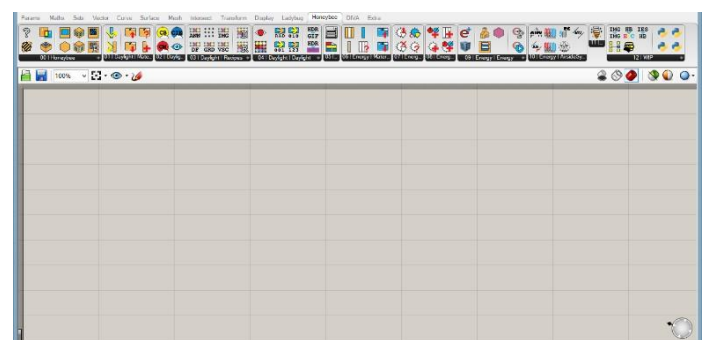


Figura 8. Interface *Honeybee*.

Fonte: Imagem registrada pelo autor.

defasada e não está mais disponível para download, pois sua versão foi atualizada e já funciona como *EnergyPlus* 8.4.2. O problema encontrado estava na versão desse *plug-in*, pois *Honeybee* aceitava apenas a versão antiga e por isso não foi possível realizar as análises energéticas nesse *plug-in*.

### 3.2.5. *DIVAforRhino*

*DivaforRhino* é um *plug-in* criado para o software *Rhinoceros* e quando instalado nesse programa, ganha uma barra de tarefas exclusiva. Esse *plug-in* tem a função de analisar climaticamente as formas criadas no plano de desenho do *Rhinoceros*. Sua interface é menor do que a tela total do computador, permitindo em seu uso a contínua visualização da interface do *Rhinoceros*. Se divide em quatro comandos principais, como uma hierarquia de funções do *plug-in*. Dentro desses quatro comandos, estão as análises realizadas pelo programa (Figura 10).

Antes das análises nesse *plug-in*, foi necessário criar uma forma simples na área de trabalho do *Rhinoceros*. Criou-se um cômodo, com uma janela para incidência de iluminação natural. Depois desse exercício realizado, a análise do *plug-in DIVA* foi iniciada. É preciso localizar a edificação para que as análises possam ser concluídas e o arquivo climático .EPW da cidade de Florianópolis-SC foi inserido.

Após a localização, foi necessário definir os materiais de cada superfície para posterior análise energética. É importante que se dê relevância à porcentagem de refletância de cada material. As paredes externas foram determinadas como fachadas externas, a janela como vidro transparente e o piso como um piso genérico. Depois dos materiais definidos, foi possível determinar a análise de radiação na edificação (Figura 11).

Outra análise realizada com o *plug-in DIVA* foi a iluminação natural presente no cômodo desenhado. Foi utilizada a mesma localização e adicionados “nós” à figura do cômodo, que são os pontos onde a luz será medida. Por último é escolhida a gama de cores desejada na imagem e realizada a análise (Figura 11).

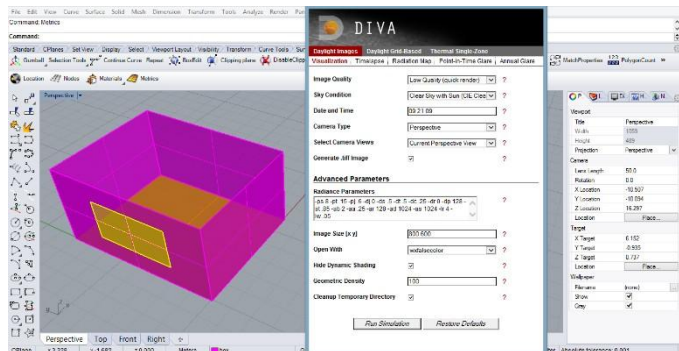


Figura 9. Análise de Insolação no *DIVAforRhino*. Fonte: Imagem registrada pelo autor.

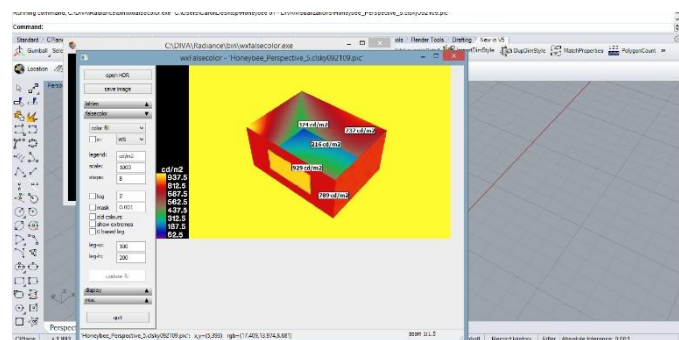


Figura 10. Análise do *DIVAforRhino*. Radiação Interna. Fonte: Imagem registrada pelo autor.

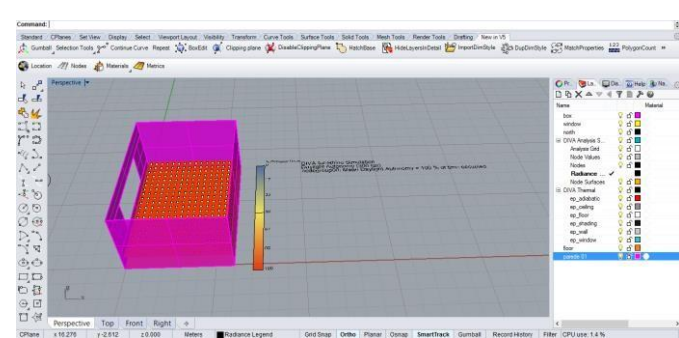


Figura 11. Análise de iluminação natural em um cômodo. Fonte: Imagem registrada pelo autor.

## 4. RESULTADOS

Na pesquisa realizada nesse artigo, os resultados encontrados dizem respeito à comparação dos *softwares* em análise. Foram levados em consideração alguns critérios e assim foi possível perceber as vantagens e desvantagens de cada programa.

### 4.1. Fluxo de trabalho construído no desenvolvimento do elemento de fachada

Após os testes e análises realizados em cada *software* estudado, criou-se uma tabela de comparação (SOUZA & FREITAS, 2013), que levou em consideração as características de acesso aos *softwares* e também a características relacionadas ao desempenho de cada um dos *softwares*. Os atributos são:

- Acesso: facilidade de procura e download dos *softwares*;
- Utilização: Se as dúvidas são supridas apenas por visualizações de tutoriais e manuais básicos, ou se é preciso investir em workshops ou cursos específicos;
- Compreensão: facilidade de entendimento dos resultados gerados pelo programa;
- Velocidade: tempo que o programa demora para gerar os resultados de análise;
- Confiabilidade: Grau de aproximação dos resultados à realidade;
- Desempenho: Se o rendimento do programa é contínuo ou apresenta falhas;
- Interface: Se é de fácil compreensão e se existe compartilhamento de informações com demais *softwares* relacionados;
- Resolução: Nível de nitidez e qualidade gerada;
- Viabilidade: Capacidade de acessar o equipamento que gere os dados pretendidos;

As análises climáticas consideradas em que cada *software* são:

- Temperatura: Permite-se identificar a temperatura mínima, média e máxima anual da carta Climática;
- Umidade: Identifica-se a umidade relativa diária da cidade em análise;
- Insolação: Encontra-se a localização do sol em todos os horários e dias do ano nos *softwares*;
- Ventilação: O programa mostra a direção e velocidade dos ventos durante um ano;
- Iluminação: O *software* demonstra a iluminação natural presente em um ambiente;
- Radiação: Exibe-se através de gráficos de cores a radiação presente na edificação.

Os resultados obtidos pela comparação das características citadas acima formaram a seguinte tabela:

Tabela 1 – Comparação das Características dos *Softwares*

Características	Softwares				
	<i>Rhinoceros</i>	<i>Grasshopper</i>	<i>Ladybug</i>	<i>Honeybee</i>	<i>DIVAforRhino</i>
Acesso					
Utilização					
Compreensão					
Velocidade					
Confiabilidade					
Desempenho					
Interface					
Resolução					
Viabilidade					
Análises Climáticas	<i>Rhinoceros</i>	<i>Grasshopper</i>	<i>Ladybug</i>	<i>Honeybee</i>	<i>DIVAforRhino</i>
Temperatura	x	x	✓	✓	✓
Umidade	x	x	✓	✓	x
Insolação	x	x	✓	x	✓
Ventilação	x	x	✓	x	x
Iluminação	x	x	x	x	✓
Radiação	x	x	x	x	✓



As comparações realizadas na pesquisa acima, mostram um resultado positivo em relação aos *softwares* estudados. Todos os programas escolhidos foram encontrados e o *download* foi realizado com sucesso. A utilização dos programas em relação ao uso inicial foi suprida através de tutoriais encontrados em sites especializados e em vídeos na internet.

A dificuldade encontrada foi na análise das funções dos *plug-ins* relacionados ao *Grasshopper*, pois como sua modelagem é nova, inicialmente foi difícil compreender as etapas e hierarquia para montar um desenho.

Os resultados encontrados nas atividades e posterior comparação por meio de uma tabela, tiveram compreensão imediata pelos autores. Através da qualidade das imagens e também pela rapidez de processamento, as análises dos *softwares* se tornaram possíveis. Além da qualidade, a precisão dos resultados gráficos foi excelente, possibilitando o uso de dados anuais ou customização dos dados, como o intervalo entre datas de análise da cidade de Florianópolis-SC. Foi possível organizar os dados e compará-los para descobrir quais vantagens e desvantagens existiam em cada *software*.

Todos os *softwares* analisados precisam de um computador de bom desempenho, pois são programas de configuração avançada e geram imagens de alta qualidade, necessitando de uma boa placa de vídeo. A resolução de todas as imagens geradas pode ser configurada em baixa, média ou alta qualidade, deixando o autor das atividades decidir qual a resolução da imagem que deseja.

As interfaces de todos os *softwares* escolhidos são de fácil compreensão e adaptação, pois são organizadas e podem ser configuradas de acordo com as prioridades do autor. O que deixou a desejar nas análises foi o *plug-in Honeybee*, que precisa de um *software* em versão desatualizada que não se encontra mais disponível para acesso, dificultando a evolução dos exercícios realizados em sua área de trabalho.

## 5. CONCLUSÕES

A partir das comparações e resultados obtidos, é possível verificar que alguns *softwares* obtiveram destaque e podem ser utilizados para complementação de exercícios nas aulas da disciplina de Conforto Ambiental. Os *softwares Rhino* e *Grasshopper* podem ser usados como base nas aulas, inicialmente ensinando os alunos a se adaptarem às novas interfaces e novo estilo de modelagem paramétrica dos dois *softwares*, procurando esclarecer a parametrização e seu desenvolvimento na área de arquitetura e depois os programas em atividades, como a criação de um cômodo e uma abertura, para análises.

Depois de realizada a introdução às novas ferramentas, é possível desenvolver o conhecimento sobre os *plug-ins* relacionados a análises climáticas, *Ladybug* e *DIVAforRhino*. Os dois *plug-ins* escolhidos tiveram bom resultado nas comparações e estão disponíveis para acesso gratuito aos estudantes do curso. O *plug-in Ladybug* pode ser utilizado para análises de temperatura, umidade, orientação dos ventos e análise solar de um determinado local e o *plug-in DIVAforRhino*, pode ser usado para análises de refletância de materiais, radiação solar e iluminação natural de edificações.

Para adaptação dos programas na disciplina, primeiramente realizam-se as atividades da disciplina normalmente, com métodos manuais e, em seguida relaciona-se o mesmo método com os comandos existentes nos *plug-ins* de análise climática *Ladybug* e *DIVAforRhino* e comparam-se os resultados, descobrindo a precisão das análises climáticas computacionais.

Como possibilidade de continuação da pesquisa, pode-se desenvolver uma atividade que relacione esses *softwares* com exercícios realizados em sala de aula, por alunos da disciplina de Conforto Ambiental do curso de Arquitetura e Urbanismo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AutoCAD**. Disponível em: < [www.autodesk.com/products/autocad/overview](http://www.autodesk.com/products/autocad/overview) > Acesso em 10/01/2017.

**DIVAforRhino**. Disponível em: <<http://diva4rhino.com/download>>. Acesso em 12/02/2016.

**Daysim**. Disponível em: < <http://daysim.ning.com/page/download>>. Acesso em 12/02/2016.

**EnergyPlus**. Disponível em: < <https://energyplus.net/downloads>>. Acesso em 12/02/2016.

FLORIO, W. **Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto em Arquitetura**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, SBPQ 2009, São Carlos. *Anais...* São Carlos: USP, 2009a, p. 571-582.

**Grasshopper**. Disponível em: < <http://www.rhino3d.com/download/grasshopper/1.0/wip>>. Acesso em 12/02/2016.

**Honeybee**. Disponível em: < <http://www.food4rhino.com/project/ladybug-Honeybee?ufh>>. Acesso em 12/02/2016.

**Ladybug**. Disponível em: < <http://www.food4rhino.com/project/ladybug-Honeybee?ufh>>. Acesso em 12/02/2016.

LAWSON, Bryan. **CAD na arquitetura, a história até agora**. In: GRAF & TEC, nº6. Editora UFSC, 1999.

SOUZA, Joana; FREITAS, Ruskin. “Análise da ventilação urbana em fração urbana de Recife - PE e da utilização do *software* livre Vasari”. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Brasília: Anais XII ENCAC, 2013.

OLGYAY, Victor. **Arquitectura y Clima**. Manual de diseño bioclimático para arquitectos. 1ª edição. Editora Gustavo Gili. 1998.

**Radiance**. Disponível em: < <http://www.grasshopper3d.com/group/ladybug/forum/topics/how-to-get-radiance-and-daysim-installed>>. Acesso em 12/02/2016.

**Rhinoceros 5.0**. Disponível em: < <https://www.rhino3d.com/download>>. Acesso em 12/02/2016.

ROUDSARI, Mostapha Sadeghipour; PAK, Michelle. Ladybug: A Parametric Environmental Plugin for Grasshopper to Help Designers Create an Environmentally-Conscious Design. Em: 13<sup>th</sup> Conference of International Building Performance Simulation Association. França, 2013.

SNYDER, James; CATANESE, Anthony. **Introdução a Arquitetura**. 1ª ed. São Paulo: Elsevier, 1984. 424p.

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Geros, 2001.

WATSON, Donald; LABS, Kenneth. **Climatic design**: energy-efficient building principles and practices. 1ª ed. New York: McGraw-Hill, 1983. 288p.