

**FACULDADE CAPIXABA DA SERRA
ARQUITETURA E URBANISMO**

ANDRÉIA MIQUILINO DA SILVA

A UTILIZAÇÃO DA ARQUITETURA RESPONSIVA

**SERRA-ES
2021**

ANDRÉIA MIQUILINO DA SILVA

A UTILIZAÇÃO DA ARQUITETURA RESPONSIVA

Projeto de pesquisa do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo apresentado à Faculdade Brasileira – MULTIVIX, como requisito parcial para avaliação.

Orientador: Fernanda Schmitd Villaschi

**SERRA-ES
2021**

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me possibilitar a ultrapassar todas as dificuldades encontradas durante a trajetória do curso.

Aos meus pais, esposo, irmãos, sobrinhos e amigos, que me encorajaram nos momentos difíceis em que precisei.

E aos professores por todo ensinamento e dedicação que proporcionaram, viabilizando o meu aprendizado e desempenho durante o meu processo de formação profissional.

RESUMO

A importância da utilização de elementos responsivos se torna cada vez mais evidente com o passar do tempo, a tecnologia disponibiliza recursos para que ocorra uma melhora no sistema responsivo dos edifícios, trazendo soluções cada vez mais satisfatórias e que atendem as necessidades de quem utiliza esses espaços.

Os componentes responsivos utilizados, cria uma interação do edifício com o ambiente exterior adaptando de forma simples e automática com as mudanças climáticas e aproveitando ao máximo a energia natural.

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar os benefícios da utilização desse sistema responsivo na arquitetura, mostrar que com a tecnologia, é possível adequar a necessidade do homem e gerar benefícios principalmente na economia de energia, trazendo uma maior eficiência, conforto e sustentabilidade para a construção.

A utilização desses componentes também proporcionam uma melhora significativa no aproveitamento térmico e na economia de energia, melhorando o funcionamento da construção de modo prático e funcional.

Palavras-chave: Arquitetura; Componente; Responsivo; Tecnologia.

ABSTRACT

The importance of using responsive elements becomes increasingly evident over time, technology provides resources for an improvement in the responsive system of buildings, bringing increasingly satisfactory solutions that meet the needs of those who use these spaces .

The responsive components used create an interaction between the building and the outside environment, simply and automatically adapting to climate change and making the most of natural energy.

Therefore, the objective of this work is to present the benefits of using this responsive system in architecture, show that with technology, it is possible to adapt to human needs and generate benefits mainly in energy savings, bringing greater efficiency, comfort and sustainability to the construction.

The use of these components also provides a significant improvement in thermal utilization and energy savings, improving the functioning of the building in a practical and functional way.

Keywords: Architecture; Component; Responsive; Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Movimento de Translação	14
Figura 2 - Movimento de Rotação.....	15
Figura 3 - Movimento de Escala	16
Figura 4 - Movimento de Deformação	17
Figura 5 - Fachada interativa WZ Hotel	18
Figura 6 - Esquema de Estudo da Orientação Solar	20
Figura 7 - Exemplo de Planta de Situação.....	21
Figura 8 - Exemplo de Volumetria em uma Fachada.....	22
Figura 9 - Esquema de Decisão Projetual na Circulação do Ar no Edifício	23
Figura 10 - Pavilhão de Pesquisa da universidade de Stuttgart	25
Figura 11 - Edifício Heydar Aliyev Center, no Azerbaijão – Zaha Hadid.....	26
Figura 12 - Casa Construída com Tecnologia Impressa.....	29
Figura 13 - Indicação do Plantio de Árvores – Inteligência Artificial	30
Figura 14 - Fundação Fosun em Xangai.....	32
Figura 15 - Tela do Morpholio Ar Sketchwalk	37
Figura 16 - Capacete com Tecnologia de Realidade Aumentada.....	38
Figura 17 - Simulação de Uso do Aplicativo Augment	38
Figura 18 - Simulação do Funcionamento do Fologram	39
Figura 19 - Simulação do Funcionamento do Fologram	39
Figura 20 - Tela do software WakingApp.....	40
Figura 21 - Simulação de uso do Serviço Arki	40
Figura 22 - Projeto Generativo Criado na plataforma Spacemaker	43
Figura 23 - Esquema de Uso do Roadbotics	44
Figura 24 - Esquema de sistema de rastreamento da 3AM Innovations	45
Figura 25 - Esquema de estudo solar do Aplicativo PreDesign	47
Figura 26 - Esquema de ventilação criado no programa Sefaira	48
Figura 27 - Interface do Software Revit	49
Figura 28 - Análise de energia no Formit.....	50
Figura 29 - Análise de desempenho Solar no Insight	51
Figura 30 - Edifício Edison Plaza, USA.....	53
Figura 31 - Edifício Al Bahar Towers, Abu Dahbi.....	54

Figura 32 - Esquema de funcionalidade do sistema Spong3D	55
Figura 33 - Exemplo de vidro adaptativo	56
Figura 34 - Esquema e utilização de um módulo prosolve370e	57

LISTA DE SIGLAS

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BIM - Building Information Model - Modelo de Informação da Construção

HVAC - Heating, Ventilating and Air Conditioning - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

IBM - International Business Machines Corporation

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	2
RESUMO	3
ABSTRACT	4
LISTA DE SIGLAS	7
SUMÁRIO	8
INTRODUÇÃO	10
1 ELEMENTOS FUNCIONAIS	12
1.1 MOVIMENTOS DE INTERAÇÃO.....	13
1.2 INTERATIVIDADE TECNOLÓGICA	17
2 INFLUÊNCIAS NA CONSTRUÇÃO RESPONSIVA	19
2.1 INFLUÊNCIA CLIMÁTICA	19
2.2 LOCALIZAÇÃO DO TERRENO	21
2.3 VOLUMETRIA DA EDIFICAÇÃO.....	22
2.4 DECISÕES PROJETUAIS.....	23
3 MATERIAIS INTELIGENTES	24
3.1 ARQUITETURA PERFORMATIVA	25
3.2 ARQUITETURA PARAMÉTRICA	26
4 AUTOMAÇÃO NO SISTEMA RESPONSIVO	27
4.1 TECNOLOGIA DE SENSORES	27
4.2 TECNOLOGIA DE TERMOSTATOS	28
4.3 TECNOLOGIA IMPRESSA.....	28
4.4 TECNOLOGIA PARA PLANTAR ÁRVORES.....	30
5 ARQUITETURA CINÉTICA	31
5.1 TIPOLOGIA DA ARQUITETURA CINÉTICA	31
5.2 TECNOLOGIA NA ARQUITETURA CINÉTICA	32
6 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	33
6.1 IMPACTO NA ARQUITETURA.....	33
6.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA RECONSTRUÇÃO DE CIDADES DESTRUÍDAS PELA GUERRA.....	34
6.3 DESIGN GENERATIVO NA ARQUITETURA	35
6.4 REALIDADE AUMENTADA	35
6.4.1 Morpholio Ar Sketchwalk	36
6.4.2 Daqri Smart Helmet	37
6.4.3 Augment	38
6.4.4 Fologram	38
6.4.5 Gamma Ar	39
6.4.6 WakingApp	39
6.4.7 Arki	40
7 TECNOLOGIA NO MEIO URBANO	41
7.1 CIDADES INTELIGENTES	41

7.1.1 Tecnologia de Registro de Atividades de Pedestres	41
7.1.2 Tecnologia de Rastreamento de Automóveis e Bicicletas.....	41
7.1.3 Tecnologia nos Semáforos	42
7.2 CIDADES MAIS SUSTENTÁVEIS	43
7.3 TECNOLOGIA URBAN-X	44
7.3.1 Roadbotics	44
7.3.2 Firmus Ai	45
7.3.3 3AM Innovations	45
8 SOFTWARES QUE AUXILIAM NA ELABORAÇÃO DO PROJETO	46
8.1 PREDESIGN.....	46
8.2 SEFAIRA	48
8.3 REVIT	49
8.4 FORMIT	50
8.5 INSIGHT	51
9 SISTEMAS RESPONSIVOS NAS FACHADAS	52
9.1 EXEMPLOS DE SOLUÇÕES RESPONSIVAS.....	52
9.1.1 Envelopamento Predial	53
9.1.2 Air Flow(er).....	54
9.1.3 Spong3D	55
9.1.4 Envidraçamento Adaptativo	56
9.1.5 Prosolve370e.....	57
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS.....	61

INTRODUÇÃO

Com o tempo, tem sido percebido a importância de se usar elementos responsivos que melhorem a funcionalidade da construção, seja com vidros que permitem a entrada de luz, seja com ar condicionado que adequa a temperatura do ambiente, ou apenas proteções nas fachadas que auxiliam na diminuição da temperatura interna, as aberturas que também ajudam na melhora da circulação do ar, entre outros.

O sistema responsivo vem com uma proposta de se adequar a necessidade dos usuários dos ambientes, pois altera a sua forma para refletir as condições ambientais ao seu redor, otimizando o desempenho da edificação, trazendo mais eficiência, conforto e sustentabilidade.

A utilização dos componentes responsivos faz com que o edifício interaja com o meio externo, e possibilita a adaptação com as mudanças climáticas e o controle da entrada de luz para dentro do ambiente, ajudando também na redução da poluição com tecnologia que auxilia a diminuir as toxinas do ar. Esses sistemas inteligentes colaboram no aproveitamento de energia e na otimização e desempenho do edifício.

Foi realizado uma pesquisa, como objetivo geral para esse trabalho, tendo o propósito de mostrar a possibilidade de deixar as construções mais funcionais, utilizando os recursos para um melhor desempenho, que na maioria das vezes, principalmente em fachadas, é utilizada apenas como algo decorativo, tendo apenas componentes visuais, sem ter de fato uma funcionalidade que contribua para uma melhor utilização da edificação, isso faz com que os edifícios tenham um baixo aproveitamento no seu desempenho, gerando um gasto maior com energia, pois não trabalhará o conforto para o usuário do espaço.

Tendo como objetivos específicos do trabalho, será mostrado a utilização desses componentes responsivos como parte funcional da construção, com capacidade de adaptação e interação dos objetos que o compõem com o meio em que o mesmo se encontra, mostra que os componentes responsivos trazem benefícios para o desempenho da construção proporcionando uma modernização e progressão, com movimentos de forma dinâmica e funcional, fazendo uso dos elementos da própria natureza

Este trabalho tem como Metodologia as pesquisas e análises feitas sobre a utilização dos componentes responsivos na arquitetura para uma melhor

compreensão de como a utilização dos mesmos podem melhorar o conforto térmico, aumentar a conservação de energia e reduzir a poluição. Todos esses benefícios utilizando elementos naturais para melhorar o desempenho do edifício de forma inteligente e prático.

Para demonstrar melhor o uso da tecnologia como opção para construção de edifícios mais funcionais, foi feito um estudo que utilizam esses recursos, com o propósito de elucidar a forma como o sistema responsivo se tornam soluções adaptativas que atendem as necessidades dos usuários em questão e que melhoram a qualidade dos edifícios fazendo-os serem mais eficiente.

Por fim, como recurso para execução dessas tecnologias, foi pesquisado sobre vários métodos que utilizam algoritmos para explorar novas possibilidades em vários campos, utilizando então programas de computadores como parâmetro de modelagem. Dentro da arquitetura esses recursos faz a junção do projeto com a inteligência artificial, analisando as restrições e os dados que são incluídos durante o processo de criação da edificação.

Foi analisado alguns softwares que utilizam essas tecnologias e contribuem para a projeção das construções, dentre eles estão Sefaira, que analisa o desempenho da construção; PreDesign, que gera gráficos sobre fatores climáticos Formit, plataforma BIM que permite desenhar, colaborar, analisar e compartilhar um conceito de projeto em estágio inicial; Insight, que auxilia na melhora da energia de edifícios e no desempenho Ambiental

Para uma melhor compreensão do trabalho, o mesmo foi estruturado com a apresentação das pesquisas feitas para entender melhor sobre o que são os elementos responsivos e o como podem ser aplicados na arquitetura.

Também é mostrado os benefícios da utilização desses elementos responsivos e como ocorre a adequação deles para o conforto e utilidade do homem.

Por fim, mostrar que toda a tecnologia da arquitetura responsiva traz uma melhora no aproveitamento térmico, na economia de energia, e no funcionamento de modo prático e funcional da edificação.

1 ELEMENTOS FUNCIONAIS

Os principais conceitos de utilização funcional de elementos responsivos, vai além do conceito tradicional comumente utilizados na arquitetura, eles possuem elementos que reformulam a construção e criam novas funcionalidades.

A fachada engloba toda a parte externa da construção, logo é a parte que fica mais exposta as mudanças do clima. O termo fachada surgiu no século XIV, e possui ligação com o termo italiano “Facciata”, que tem sentido de “face”, “aparência de algo”. No passado não se havia muita preocupação com a estética da fachada, somente com as aberturas para ter entrada de ventilação, e a identificação das construções eram feitas por meio de símbolos apenas.

A evolução da elaboração nas fachadas foi surgindo aos poucos, detalhes como o alinhamento ou mesmo decorações nas janelas já eram suficiente para trazer uma melhora na aparência do edifício, mas a comunicação visual ainda era bem manual, com o passar dos anos e o avanço da tecnologia, muito tem se estudado para um progresso ainda maior na utilização de recursos tecnológicos para as construções.

As construções arquitetônicas antigas foram construídas para serem rígidas, imutáveis e ter uma durabilidade que ultrapassasse o tempo, porém o mundo vive em constante mudança, e a arquitetura sentiu a necessidade de também mudar e se adaptar a essas necessidades, tornando-se uma arquitetura inteligente, tecnológica e responsiva.

O termo responsivo traz a definição de adaptação, onde existem condições que são pré definidas para atender às necessidades dos usuários da edificação, indicando que a qualidade do edifício pode ser melhor em sua eficiência.

Esse termo foi inicialmente introduzido pelo arquiteto Nicholas Negroponte, que propõe que a arquitetura responsiva é uma integração da tecnologia da computação em espaços construídos, trazendo mudanças das condições ao ambiente alterando as características para melhor se adaptar ao usuário, gerando assim edifícios funcionais e inteligentes com otimização em seu desempenho.

A arquitetura responsiva surgiu para criar novos mecanismos para otimização desse desempenho dos edifícios, pois vários fatores contribuem para o aumento de consumo energético da edificação, como por exemplo as mudanças climáticas que se alteram cada vez mais, fazendo com que a antiga arquitetura não atenda mais aos requisitos para que foram construídas.

A natureza evolui e se adapta a novas condições de forma gradativa, e com a arquitetura ocorre o mesmo processo, estudos são feitos e aliados a conceitos da própria natureza que ajudam nesse progresso.

1.1 MOVIMENTOS DE INTERAÇÃO

Para o funcionamento dinâmico da arquitetura responsiva, são utilizados sensores, atuadores, microprocessadores e materiais responsivos em geral que reagem de forma dinâmica mudando a característica do local de acordo com as necessidades apresentadas, sejam elas de iluminação, ventilação, temperatura climáticas, e outras.

Essa tecnologia desenvolve de certa forma, uma interação com o ambiente em si, e existem duas formas para interagir, uma de movimento circular único (unilateral) e outra de múltiplo movimento circular (bilateral).

A interação unilateral é uma ação pré-estabelecida onde independentemente da situação, sempre irá produzir o mesmo tipo de resposta, já a interação bilateral é uma ação com memorização e aprendizagem onde pode ocorrer diferentes respostas diante da mesma situação, sendo adaptável no sistema reativo e tendo uma “interseção entre usuário e dispositivo” (Stenson, 2011).

No livro *Architecture in the Digital* fala sobre três tipos de interação na arquitetura; Interação processo, onde o autor Antonino Saggio mostra que ocorre durante o projeto arquitetônico e é colocado novas tecnologias para a construção; Interação virtual, que ocorre através de projeções computacionais; E a interação física, que é a movimentação de um elemento arquitetônico de acordo com variadas situações.

Antes de todas essas pesquisas, estudos e tecnologias, as construções eram totalmente inertes, com o tempo é que foi se inserindo a movimentação na arquitetura, e com isso surgiu a arquitetura cinética onde parte da edificação pode ser movida, mas ainda assim não pode ser dita uma arquitetura inteligente, pois não reage a determinada situação, apenas pode ser mudada.

O pesquisador Jules Moloney, classificou os movimentos de acordo com suas variações, sendo elas: A translação, a rotação, a escala e a deformação.

Translação: Conforme é mostrado na figura 1, O movimento de translação é um movimento realizado de um ponto ao outro de um objeto, é quando a forma inicial

do material se mantém e apenas elementos individuais se deslocam permitindo o controle da entrada de luz e de ventilação no interior do ambiente, permitindo um deslocamento paralelo, em uma mesma direção e percorrendo a mesma distância.

Figura 1 - Movimento de Translação

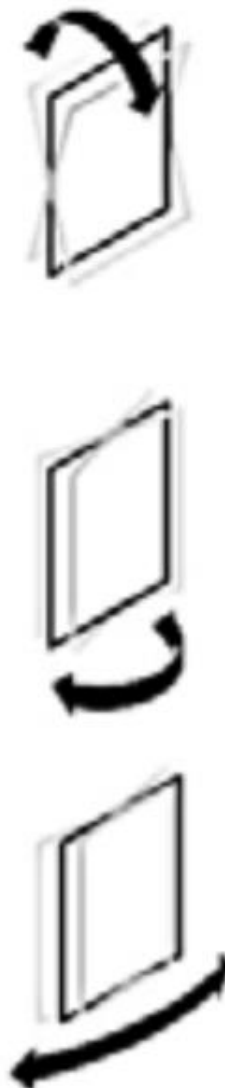


Fonte: https://issuu.com/p_cesarmarques/docs/caderno_-_complexo_responsivo.

Rotação: O movimento de rotação ocorre quando esse movimento se restringe em torno de apenas um eixo, como é mostrado na figura 2, esse tipo de abertura é usado em portas e janelas, por exemplo. É um movimento circular, em torno de um

eixo, um centro ou ponto de rotação, e ao contrário da translação, esse movimento mantém um ponto fixo.

Figura 2 - Movimento de Rotação



Fonte: https://issuu.com/p_cesarmarques/docs/caderno_-_complexo_responsivo

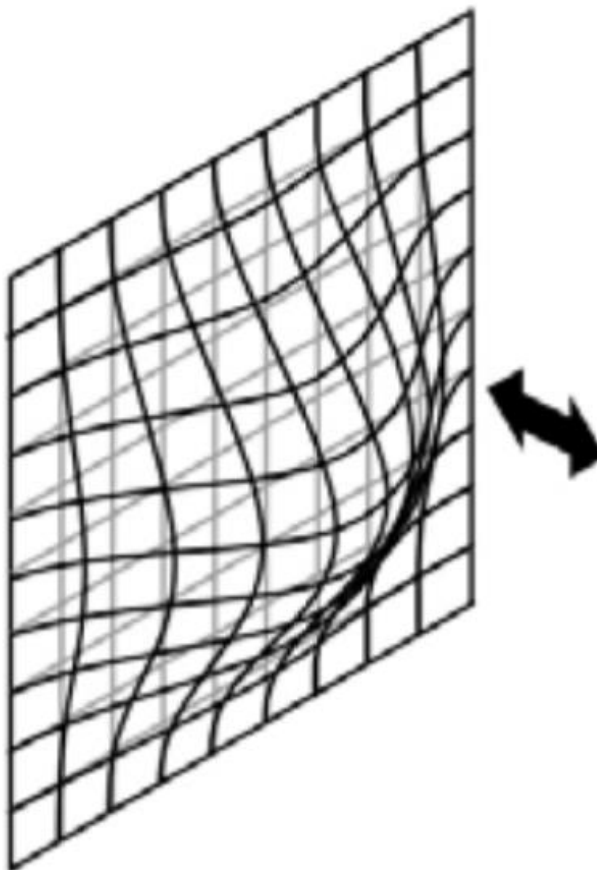
Escala: O movimento de escala é uma alteração na dimensão original do elemento, aumentando ou reduzindo o seu tamanho ajustando-se ao formato inicial, conforme é demonstrado na figura 3.

Figura 3 - Movimento de Escala



Fonte: https://issuu.com/p_cesarmarques/docs/caderno_-_complexo_responsivo

Deformação: Na figura 4, vemos que a deformação é um movimento que não mantém a sua proporção e utiliza materiais elásticos para aumentar e reduzir seu tamanho.

Figura 4 - Movimento de Deformação

Fonte: https://issuu.com/p_cesarmarques/docs/caderno_-_complexo_responsivo

Foi por meio do movimento, que a arquitetura deixou de ser totalmente estática, passando a ter flexibilidade e se adaptando às necessidades de quem for utilizar o local, permitindo uma interação do espaço com o indivíduo. No livro "Interactive Architecture", os autores Michael Fox e Miles Kemp, classificam estes movimentos em pneumáticos, mecânicos, magnéticos, químicos e naturais. O estudo dessas classificações produz uma arquitetura transformadora e dinâmica, criando sempre novas formas de interação.

1.2 INTERATIVIDADE TECNOLÓGICA

A interatividade tecnológica cria uma comunicação do usuário com o projeto, indo além das funções estéticas do edifício e trazendo uma maior comunicação com

o público, deixando de ser apenas reativo e trazendo conteúdos informativos em suas demonstrações.

Existem muitas maneiras de fazer a interação com o edifício, entre elas pode-se trabalhar com a luz, com cheiros, com sons, e muitos outros. Os edifícios também podem reagir ao toque, ao movimento, ao barulho, por meio de aplicativos e até pela qualidade do ar.

O arquiteto Guto Requena foi um dos primeiros a utilizar a tecnologia da interatividade, empregando um processo de retrofit em um edifício de São Paulo, o WZ Hotel Jardins (Figura 5), onde placas luminosas na fachada ascendem e matizam o concreto de acordo com os estímulos externos, sejam eles a qualidade do ar, a intensidade dos sons da rua, e ainda por meio de um aplicativo, as pessoas podem interagir com o edifício.

Segundo Guto Requena, o edifício não fica mudando de cor apenas por estética, ele responde a um estímulo e informa as pessoas, estimulando elas a aprenderem mais sobre o comportamento do edifício, apenas olhando para ele.

Figura 5 - Fachada interativa WZ Hotel



Fonte: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/arquitetura-interativa-da-nova-funcao-aos-projetos-a-de-se-comunicar/10939>

2 INFLUÊNCIAS NA CONSTRUÇÃO RESPONSIVA

Existem vários fatores que podem influenciar na construção responsiva de uma edificação, fatores como o clima, a localização do terreno, a volumetria do edifício, as decisões projetuais, entre outros. Escolher adequadamente esses elementos faz toda a diferença no conforto da edificação e na economia de energia, minimizando desperdício e danos de recursos.

A maioria dos atuais edifícios possuem projeto padronizado, não levando em consideração as especificidades de cada região, o que gera grandes problemas na construção por conta do clima de cada local.

Arquitetura sendo projetada de forma responsiva visa criar ambientes inteligentes e sensíveis, que adequam o ambiente de forma positiva. Logo abaixo estão descritas algumas observações que devem ser levadas em consideração pois terão influência na construção.

2.1 INFLUÊNCIA CLIMÁTICA

O clima é um fator de grande importância que molda a arquitetura responsiva, pois ao longo do tempo o clima se alterou de forma significativa, e isso motiva cada vez mais o uso de tecnologias nas construções. Essas tecnologias aproveitam essas energias físicas naturais e otimizam o desempenho adaptativo e operacional do edifício.

As técnicas utilizadas se adaptam ao clima de forma “que não apenas suportem, mas “sobrevivem” significativamente o espaço arquitetônico” (ATTMANN, 2012:96). A condição climática funciona como um estímulo para essas tecnologias responsivas, de modo a ajustar o edifício às variações climáticas, possibilitando a economia do consumo de energia.

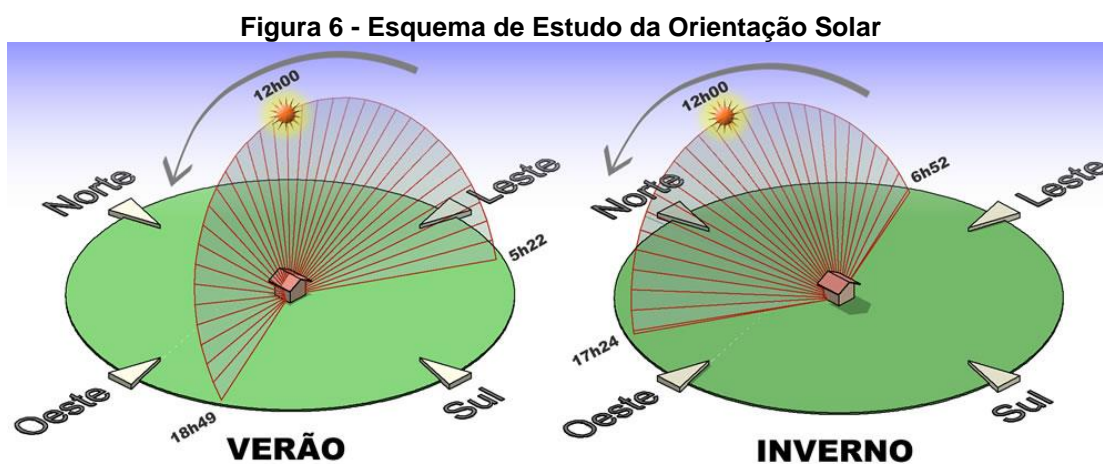
Levando em consideração a necessidade do uso consciente das fontes não renováveis de energia, se faz necessário a utilização de materiais que sejam eficientes na economia de energia.

Dessa forma, a arquitetura deve reinterpretar o papel de mediadora, utilizando essas tecnologias para um total aproveitamento do edifício, gerando um maior conforto ao homem, com sistemas que reajam e interajam independente das adversidades.

A orientação solar na arquitetura é a forma como a luz do sol incide sobre os edifícios, e isso influencia na execução do projeto, pois o estudo da insolação ajuda na economia de energia elétrica e garante o conforto térmico da edificação. A orientação solar não pode ser feita de forma igual para todas as construções, pois tem que levar em consideração muitos aspectos.

Uma edificação que esteja no hemisfério norte por exemplo, não vai receber a mesma quantidade de luz solar que uma construção que esteja no hemisfério sul. Assim como uma edificação que esteja mais longe da linha do equador não pode ser igualmente comparada com uma que esteja mais próxima.

É importante fazer o estudo da orientação solar, como no exemplo apresentado na figura 6, pois tudo irá mudar conforme a localidade do planeta e da estação do ano, e é esse estudo que garantirá a insolação adequada para toda a edificação, aproveitando-a da melhor maneira possível para o projeto.



Fonte: <https://sunergia.com.br/blog/instalacao-de-usina-solar-fv-solo-e-telhado/>

2.2 LOCALIZAÇÃO DO TERRENO

A localização do terreno é muito importante para a construção, pois é onde será definido os acessos, analisado o entorno, a topografia do terreno, a vegetação existente nas proximidades, a ventilação, entre outras coisas. Tudo o que é analisado na localização, influencia de forma direta na fachada da edificação.

O posicionamento do lote em relação ao norte, definirá em como os ambientes serão atingidos pela luz solar ao longo do dia, também definirá a forma como será feito o projeto arquitetônico e a disposição dos cômodos, visto que ambientes que estão para o lado sul, recebem menos sol, diferente dos que estão de frente para o leste que recebem o sol da manhã e dos que estão para o lado oeste que recebem o sol da tarde.

Outro fator que pode influenciar na fachada é a infraestrutura existente no local, a pavimentação das ruas, as construções ao entorno, pois além de as edificações necessitarem de ter um diálogo com as construções próximas, é nessa análise que será verificado as vias próximas, os principais acessos e os pontos de interesses.

Todas essas análises da localização do terreno são importantes pois o projeto pode tirar proveito de todos esses aspectos já existentes no entorno, contribuindo assim para uma maior qualidade na estruturação e construção de uma fachada responsiva.

A planta de situação, conforme demonstrado na figura 7, é o projeto que traz todas as informações sobre a localização do terreno, nela é mostrado as dimensões do local e todas as informações e referências pertinentes que estão aos arredores de onde o projeto será executado.

Figura 7 - Exemplo de Planta de Situação



Fonte: <http://www.habitamos.com.br/voce-sabe-a-diferenca-entre-planta-de-situacao-e-planta-de-localizacao/>

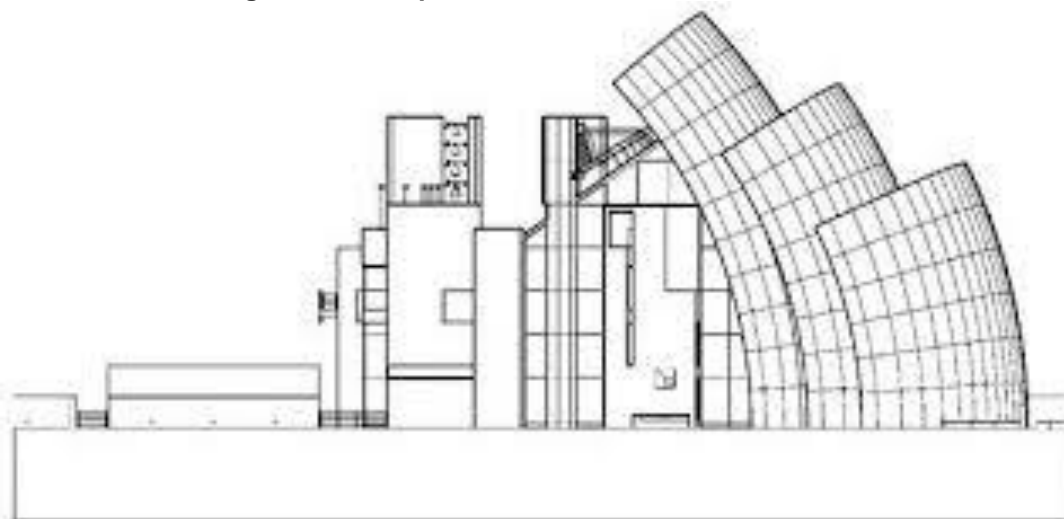
2.3 VOLUMETRIA DA EDIFICAÇÃO

A volumetria de uma edificação, também interfere na construção responsiva, pois seu formato vai definir o material que será utilizado, as cores que serão aplicadas, também os locais de abertura para circulação do ar, entre outras definições. Na figura 8 podemos observar um exemplo de volumetria em uma fachada. A escolha desses materiais vai interferir no conforto térmico da edificação, e conseqüentemente na economia de energia.

Tanto o tipo de material, quanto as cores aplicadas, podem influenciar na transmissão do calor dentro da edificação. As cores mais claras absorvem menos calor, enquanto as mais escuras absorvem bem mais.

Os tipos de materiais também tendem a se comportar de maneiras diferentes em relação as variações de temperaturas e cada material possui um coeficiente de dilatação específico, por isso a escolha dos materiais, das cores e da volumetria, influenciam na construção responsiva da edificação.

Figura 8 - Exemplo de Volumetria em uma Fachada



Fonte:

<http://www.prac.ufpb.br/anais/IXEnex/iniciacao/documentos/anais/2.CULTURA/2CTDAMT04.pdf>

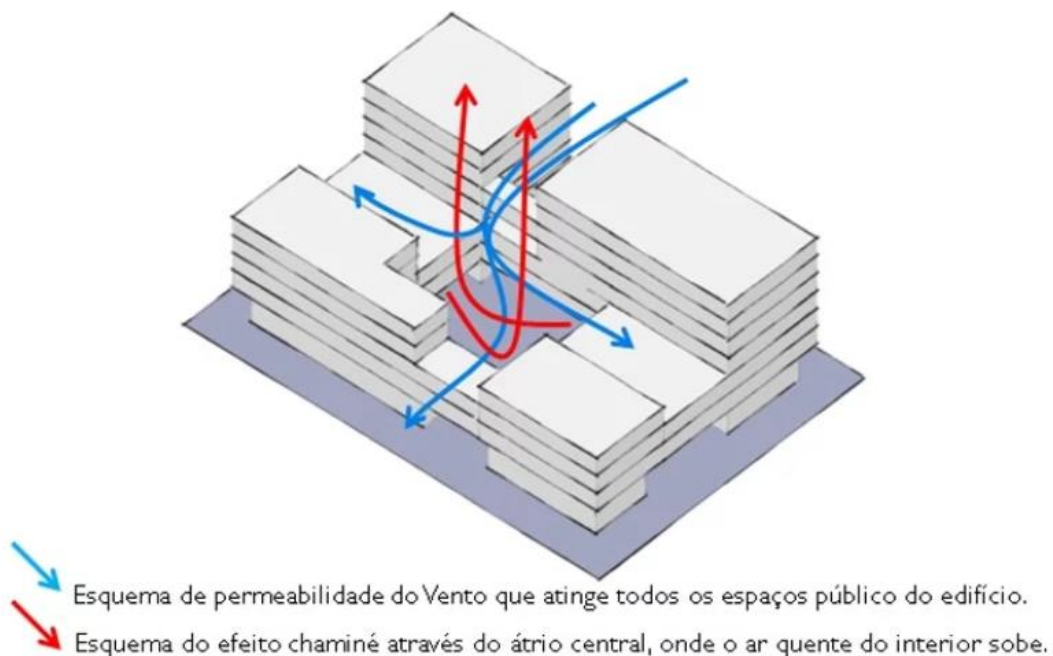
2.4 DECISÕES PROJETUAIS

As decisões no projeto são de muita importância para uma edificação responsiva, todo o planejamento começa com as decisões projetuais e as especificações, essas decisões afetam de uma forma tão ampla, que podem gerar um impacto em nível global.

A maioria dos edifícios tem uma boa parte do consumo de energia desperdiçada por não possuírem um sistema eficiente e adequado com a realidade do local, e isso só mostra o quanto as decisões projetuais interferem no bem estar e conforto do usuário.

Como é demonstrado na figura 9, é nas decisões projetuais que decisões como o tipo e quantidade de aberturas para melhoramento da circulação, a volumetria da edificação, a análise da localização do terreno e tantos outros estudos serão feitos, esses estudos dão uma total influência em vários setores do edifício, não só na construção mas em toda a sua vida útil, aumentando a eficiência e precisão, e gerando também uma grande economia, visto que reduzirá os erros no projeto.

Figura 9 - Esquema de Decisão Projetual na Circulação do Ar no Edifício



Fonte: <https://atelioprainha2016.wixsite.com/hibridocarolevander/decisoes>

3 MATERIAIS INTELIGENTES

O uso de materiais inteligentes também é uma característica do sistema responsivo, pois esses materiais podem se reconfigurar para atender as necessidades exigidas a ele. Segundo Addington e Schodek (2005), esses sistemas possuem funções tecnológicas que responde às mudanças em suas propriedades internas ou por meio da ação externa, sendo essa resposta em tempo real, e obedecendo a diferentes estímulos.

Um dos aspectos mais apropriados é a capacidade de modificar suas propriedades físicas e formais sem buscar energia externa, expandindo os materiais de forma diferente, tendo também como características deste sistema, a introdução do estudo da biologia na arquitetura através da biomimética.

Segundo Nicholas Negroponte, 1970:1, “Um mecanismo deve reconhecer e analisar o contexto antes de poder executar uma operação.” Um material inteligente, segundo Addignton e Schodek (2005), precisa ser capaz de responder em tempo real a mais de um ambiente e possuir certa “inteligência” interna, respondendo previsivelmente ao estímulo solicitado.

3.1 ARQUITETURA PERFORMATIVA

A arquitetura performativa engloba conceitos de desempenho e de apresentação da performance do edifício. (LENZ; CELANI, 2015).

Nessa arquitetura os materiais variam de comportamento de acordo com as alterações do ambiente, observando sempre a performance do edifício.

O edifício pode proporcionar sensações, informações e ainda, interagir com os usuários, dependendo do material utilizado em sua construção.

A universidade de Stuttgart produziu um pavilhão de pesquisa (Figura 10), que foi fabricado totalmente por robôs com componentes de fibra de carbono e vidro, que respondem a requisitos específicos, tendo como característica a posição e a orientação das fibras e das propriedades dos materiais relacionados.

Figura 10 - Pavilhão de Pesquisa da universidade de Stuttgart



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/01-104457/pavilhao-de-pesquisa-icd-slash-itke-slash-universidade-de-stuttgart-faculdade-de-arquitetura-e-urbanismo?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

3.2 ARQUITETURA PARAMÉTRICA

A arquitetura paramétrica utiliza computadores e algoritmos para gerar novas formas em projetos arquitetônicos como uma forma de explorar os limites, considerando diversas questões, como dados climáticos, relevo e comportamento de materiais, entre outros dados. Funciona como um sistema biológico, combinando vários resultados formado pelo sistema computacional.

As informações e algoritmos são transformadas em parâmetros que vai auxiliar o arquiteto a criar uma nova modelagem para o projeto, e essa modelagem já estará com tudo milimetricamente calculado para fornecer conforto e praticidade ideal para o usuário.

A arquiteta Zaha Hadid, projetou o edifício Heydar Aliyev Center, no Azerbaijão (Figura 11), utilizando a tecnologia paramétrica. O edifício parece flutuar e traz uma nova perspectiva a cada ângulo em que é observado, dando a perspectiva de um lençol aberto, movendo-se na estrutura de concreto.

Figura 11 - Edifício Heydar Aliyev Center, no Azerbaijão – Zaha Hadid



Fonte: <https://www.vivadecora.com.br/pro/arquitetura/arquitetura-parametrica/>

4 AUTOMAÇÃO NO SISTEMA RESPONSIVO

Uma das estratégias utilizadas na arquitetura responsiva é a automação, que é uma tecnologia que muito colabora para a criação de edifícios que respondam e interajam aos estímulos climáticos. Negroponte (1975), descreveu a arquitetura responsiva como um produto natural, resultado da integração da computação com a arquitetura, para a criação de espaços “inteligentes” que atenda às necessidades dos usuários.

O conceito de automação na arquitetura é definido como "sistema de processos automáticos de supervisão e controle dos diversos sistemas prediais e serviços, de forma integrada, tendo como suporte o computador" (LEITE, 1997).

Esse sistema exerce a função de sistemas de gestão, sistemas de segurança, sistemas de controle de energia e sistemas de controles adicionais, que faz a análise e compreensão de comandos tais como liga/desliga, abre/fecha, etc, onde são enviados por sensores ao sistema de automação.

A utilização da automação na arquitetura gera uma redução significativa de custos, e também de desperdícios, gerando uma contribuição para a sustentabilidade ambiental. Esse sistema, no entanto, é uma parte da arquitetura responsiva, gerando soluções inteligentes para atender as solicitações do ambiente em questão.

4.1 TECNOLOGIA DE SENSORES

O uso da tecnologia de sensores tem se tornado cada vez mais comum, podendo mudar a maneira como interagimos com a arquitetura, e com a pandemia do Covid-19, a procura por sistemas de sensores aumentou ainda mais, pois elimina o contato entre as pessoas, reduzindo assim a propagação do vírus.

Como exemplo dessa tecnologia, temos a iluminação que é ativada por movimento, que além de reduzir a propagação do vírus, também reduz o desperdício de energia, pois a energia será somente ativada quando detectado o movimento.

Os banheiros inteligentes também são um exemplo de tecnologia por sensores, onde as descargas são automaticamente ativadas por sensores, possuem temporizador e abrem e fecham, tudo de forma automática. Também possuem sistemas automatizados nas torneiras, nos dispensadores de sabão, nos chuveiros, que são ativados por sensores. A tecnologia de sensores também é usada nos

espelhos, onde abrange inúmeras configurações de iluminação, permitindo visualizar a própria imagem em várias tonalidades de luz, simulando vários outros ambientes.

4.2 TECNOLOGIA DE TERMOSTATOS

Conhecido como AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), essa tecnologia traz utilidade e economia de energia. Nela são utilizados termostatos com componentes que de forma intuitiva, detectam a temperatura do ambiente e suas variações, indicando o momento em que o compressor deve funcionar ou parar. Esses termostatos inteligentes podem aprender as preferências e regular automaticamente a temperatura de acordo com a localização.

Alguns sistemas usam recursos de sensor de movimento para determinar se você está em casa ou fora e alterar automaticamente a temperatura, outros contam com um raio de cerca virtual, que ao chegar a uma certa distância de sua casa, eles mudam automaticamente a temperatura, e ainda há alguns que medem o uso de energia para que sua casa possa ter mais energia eficiente.

Além de funcionar de forma responsiva, os termostatos inteligentes podem enviar alertas, sincronizar com o resto de seus dispositivos de casa inteligente e alguns até responder a comandos de voz, podendo integrar com sistemas de voz como Alexa, Google Assistant ou Siri.

4.3 TECNOLOGIA IMPRESSA

Desde o processo inicial, a tecnologia da automação traz eficiência, redução de desperdícios, diminuição de custos, melhoramento e segurança na construção.

Com a inovação tecnológica na arquitetura fica mais acessível a possibilidade de criar e construir diferentes formas, técnicas e elementos construtivos, de modo que a criatividade arquitetônica fica mais "livre" e possível de ser executada com eficiência e novas estruturas.

No futuro os sistemas tecnológicos vão interagir muito mais com o mundo real, de forma que o que for construído de forma virtual, será reproduzido por apenas um comando no mundo real. A exemplo disso a tecnologia de impressões em 3D já é uma realidade, que se atualiza cada vez mais, e possuem diversas vantagens como por exemplo rapidez, menor margem de erro e menor custo a longo prazo.

O projeto para as construções em impressão 3D apresentaram uma excelente estética, melhor do que se esperava para uma versão impressa de residência, podendo ser criados contextos diferentes e desafiadores. Na figura 12, temos um modelo de uma casa impressa em 3D, mostrando que a tecnologia de impressão 3D está sendo estudada para a criação de habitações de interesse social, o que seria muito promissor, pois atualmente as habitações sociais sofrem com a falta de identidade visual e com o comprometimento da arquitetura.

Figura 12 - Casa Construída com Tecnologia Impressa



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/963292/a-estetica-da-automacao-analisando-uma-habitacao-de-baixo-custo-impressa-em-3d>

4.4 TECNOLOGIA PARA PLANTAR ÁRVORES

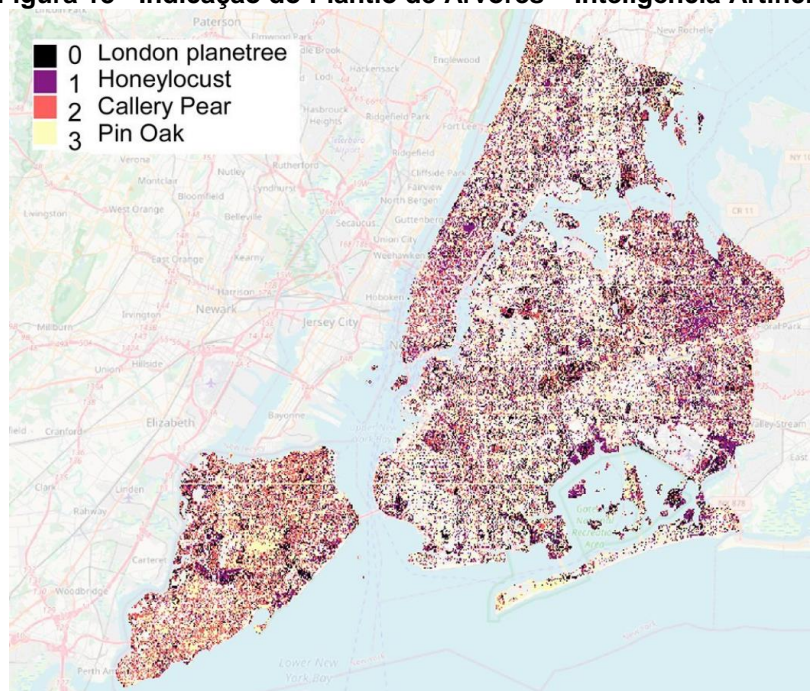
A tecnologia Machine Learning, juntamente com a plataforma de análise de dados geospaciais da IBM (International Business Machines Corporation), o PAIRS, foi criada com o intuito de indicar onde plantar árvores, possibilitando armazenar mais carbono (Figura 13). Ela leva em consideração o local do plantio, pois as árvores precisam ser plantadas onde poderão viver durante décadas e absorver ainda mais o carbono que circula no ar.

Apesar de ser algo simples o plantio de árvores, utilizando essa técnica todo o processo precisa ser feito de forma adequada, para que possa capturar mais carbono de forma mais precisa e inteligente.

Essa tecnologia não só indica onde plantar as árvores, mas também identifica, mapeia e medi com precisão a quantidade de carbono em cada localidade, definindo assim a quantidade que serão absorvida pelas árvores.

O estudo ainda leva em consideração as características das árvores como a espécie, forma geométrica, volume das folhas. Fazendo essas análises, podem determinar a quantidade de carbono retidas nelas, assim como saber as características precisas de outras espécies para uma absorção mais efetiva do carbono no local.

Figura 13 - Indicação do Plantio de Árvores – Inteligência Artificial



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/966892/inteligencia-artificial-da-ibm-indica-onde-plantar-arvores-para-armazenar-mais-carbono>

5 ARQUITETURA CINÉTICA

Conhecida como a arte do movimento, o conceito de cinética transforma edifícios estáticos em edifícios que se movimentam de forma dinâmica, permitindo que partes de sua estrutura se mova, sem interferir em sua integridade estrutural. A sensação de movimento também pode ser provocada por efeito óptico, sendo alterado pela iluminação, pela presença de umidade, entre outros.

Na maioria das vezes, a sua aplicação tem função responsiva de sombreamento para o controle térmico-luminoso no ambiente interno. Segundo Fox, a arquitetura cinética é dividida em três tipos diferentes: Embutido, transportável e dinâmico (FOX, 2003).

5.1 TIPOLOGIA DA ARQUITETURA CINÉTICA

Os elementos dinâmicos podem proporcionar modificações no espaço que muitas vezes são utilizadas de forma responsiva, tornando as construções mais integradas aos elementos naturais. Essas construções possuem uma maior flexibilidade da edificação, o que faz crescer o seu valor, pois vai proporcionar novas possibilidades de uso e um maior conforto para os usuários do local.

O movimento da arquitetura cinética possui algumas tipologias, sendo elas:

Tipologia Embutido: A tipologia Embutido foi criada por Kas Oosterhuis, esse movimento é pensado e controlado de uma forma global na construção, se comportando como um corpo para atender as necessidades solicitadas.

Tipologia Transportável: A tipologia Transportável é temporária e leve, podendo ser construída e desconstruída de forma rápida, e responde de forma satisfatória, as funções para que foi programada.

Tipologia Dinâmica: A tipologia Dinâmica é mais acessível, e não abrangem toda a construção, também funcionam de forma independente em relação ao restante da construção.

5.2 TECNOLOGIA NA ARQUITETURA CINÉTICA

A tecnologia é fundamental para a criação de edifícios cinéticos, pois ajuda a reinventar a arquitetura e a encontrar as melhores soluções para cada projeto, desde os mais simples, ao mais elaborado.

Desde a idade média, já havia vestígio da cinética na arquitetura, como por exemplo o uso de pontes levadiças, e isso mostra que o uso da cinética sempre foi útil no meio arquitetônico, porém por falta da tecnologia, não era muito explorada no passado.

A tecnologia cinética é utilizada para programar a estrutura para movimentar, permitindo assim que haja um controle da iluminação e o controle do ar no interior do edifício, reduzindo o ganho de calor dentro do ambiente. Dessa forma são gerados vários benefícios com o uso da tecnologia, como a diminuição de custos, e uma melhor utilização dos meios naturais para o edifício.

Além dos benefícios de custo, essa tecnologia traz novas possibilidades tanto para o interior da edificação, quanto para as fachadas, que passam a ter respostas dinâmicas e funcionais e se tornam ainda mais eficientes às situações climáticas, além de agregar valores estéticos e uma maior interação com o público.

A Fundação Fosun em Xangai (Figura 14), é um exemplo do uso da Arquitetura Cinética. O edifício possui três andares e exibe uma fachada em forma de cortina de tubos de bronze, que ficam suspensos em três camadas, criando telas semitransparentes e proporcionando a proteção para o interior da edificação.

Figura 14 - Fundação Fosun em Xangai



Fonte: <https://www.xpecialdesign.com.br/noticias/arquitetura-cinetica-unindo-o-design-e-a-funcionalidade/>

6 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial está mudando a forma de criar e projetar no meio arquitetônico, isso porque a tecnologia hoje é uma realidade, e avança cada vez mais, sendo difícil imaginar um futuro sem a mesma. O termo inteligência artificial remete a uma capacidade de racionar, e sendo de forma artificial, usa algoritmos para "aprender" com as experiências do próprio sistema.

A medida que a tecnologia vai evoluindo, vão surgindo questões sobre a substituição do ser humano para a máquina, e claro que alguns empregos serão substituídos pois possuem funções "tipicamente rotineiras e não-cognitivas", que são mais mecânicas e repetitivas. Na arquitetura o trabalho é mais difícil de ser substituído pois é exige um alto nível de criatividade e interação humana, porém pode haver a criação de novas funções de trabalhos.

A utilização da Inteligência Artificial traz a promessa da otimização, dinamização e ampliação de processos que levam as programações a buscarem padrões, e assim, automaticamente realizar ações baseado na coleta de dados feitas por meio de aplicativos, câmeras, sensores, entre outros. No meio urbano, essa tecnologia visa aperfeiçoar o gerenciamento de territórios e utilizar estratégias para melhorar a qualidade de vida e proporcionar uma maior eficiência dos serviços e recursos das cidades.

6.1 IMPACTO NA ARQUITETURA

A inteligência artificial está cada vez mais presente na arquitetura, isso porque o processo de projetar, leva em consideração várias informações que são pertinentes e podem impactar vários elementos do projeto, são várias decisões a serem tomadas, e várias escolhas a serem feitas antes de se construir de fato, e tudo tem de ser decidido e pensado dentro de um prazo e dentro de um orçamento estipulado.

Essa tecnologia chegou para somar todas as informações e dados do projeto, e o processo da inteligência artificial, segundo Celestino Soddu, pesquisador do tema na Universidade Politécnico di Milano há mais de 30 anos, "trata-se de um processo morfogenético que utiliza algoritmos estruturados como sistemas não lineares para obter resultados únicos e irrepetíveis sem fim, executados por um código de ideia, como na natureza".

A comparação com a natureza é esclarecedora, e observando como exemplo uma árvore, ela possui um tronco mais largo e robusto, que se inicia forte na base, resistindo a todo o peso da árvore, quando venta, a base também resiste ao próprio peso e o momento fletor causado pelo vento. Ligado ao tronco base, ainda há vários galhos, que surgem cada vez mais finos e com folhas. No exemplo da árvore, não há sobras de materiais, e as formas são adequadas ao habitat da árvore, podemos observar que em locais com muito vento a composição das árvores serão diferentes das outras onde estão em locais que ventam menos, e isso acontece por conta da seleção natural, que ocorre através de milhões de anos.

E é esse o raciocínio que é usado como princípio da inteligência artificial, que gera um grande impacto na arquitetura por ser uma estratégia que agrega recursos utilizando algoritmos que define parâmetros para modelar várias coisas de uma só vez, criando várias soluções de forma simultânea. O projeto que é feito com base nessa tecnologia, passa a ter como coautor do projeto, o computador, pois o mesmo vai apresentar várias alternativas projetuais, mostrando as mais adequadas para a situação.

6.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA RECONSTRUÇÃO DE CIDADES DESTRUÍDAS PELA GUERRA

A inteligência artificial também poderá ser utilizada para a reconstrução de cidades que foram devastadas pela guerra, o uso da tecnologia para esse fim, é visto como uma solução para uma reconstrução mais equilibrada e sustentável.

Levando em consideração os conflitos atuais, devem também ser considerados a forma como será feita a reconstrução dessas cidades, pois quando ocorre um conflito, a identidade de toda a cidade fica comprometida pelas atrocidades da guerra.

A guerra destrói os elementos da cidade, e com ele também se vai a sua singularidade, e para que ocorra a reconstrução é preciso resgatar esses elementos da cidade, que fazem parte de sua identidade e cultura, são heranças históricas que foram construídas pouco a pouco com o tempo e que além de representar toda a sua história no passado, também é o que determinará o seu futuro.

Nesse contexto, a Inteligência Artificial auxiliará no mapeamento das cidades do pós-guerra, reconstruindo com precisão áreas que foram completamente destruídas, pois é uma ferramenta com muitos benefícios para ser utilizada no

levantamento de dados, visto que é quase um instrumento arqueológico, capaz de descobrir informações importantes sobre o tecido urbano que anteriormente existiu.

Com o auxílio dessas novas tecnologias, é possível também avaliar os principais valores do tecido urbano existente e assim melhor avaliá-lo sobre a forma como poderá ser reconstruído, adaptando-o ao futuro e também considerando métodos e sistemas construtivos bem mais econômicos e sustentáveis, gerando soluções bem mais equilibradas e funcionais, sem deixar de lado os aspectos culturais e sociais da cidade, que anteriormente não seria possível de ser feito.

6.3 DESIGN GENERATIVO NA ARQUITETURA

O Design Generativo na arquitetura é um método onde é criada uma imagem, som, animação e/ou arquitetura através de uma modelagem em um programa de computador que une o projeto com a inteligência artificial possibilitando analisar novas alternativas para proposta da edificação. É projetar de maneira automatizada, usufruindo de toda a tecnologia e inovação para então criar novas formas de projetos.

Os programas de computadores utilizados para o design generativo usam algoritmos estruturados para criar desenhos com as variações climáticas de acordo com as características e restrições do local, tendo como base as informações que são inseridas pelo arquiteto durante o processo de criação e projeção.

Com o uso desse método é possível uma maior economia na construção, pois não há sobras de materiais e a adequação do projeto ao local de construção é bem mais vantajoso e de maneira objetiva, após ser definidos os parâmetros no programa, não é necessário fazer projetos separados, o sistema já auxilia na construção simultaneamente de vários tipos de projetos no mesmo arquivo, contribuindo para a descoberta de imprevistos que em outros métodos não seriam possíveis descobrir.

6.4 REALIDADE AUMENTADA

A tecnologia da realidade aumentada é uma inovação no meio da arquitetura que está revolucionando a forma de se construir. Ela auxilia muito na construção, mas é diferente da realidade virtual, a realidade virtual cria ambientes independentes do mundo real, já na realidade aumentada os elementos virtuais são incluídos no espaço que já existe, sendo possível unir o projeto arquitetônico virtual com o que já é

existente no espaço de construção. Esse recurso aumenta muito a eficiência da construção, visto que terá uma diminuição dos erros pois já vai detectar a compatibilidade do projeto, e conseqüentemente terá uma maior precisão e economia de tempo.

Essa tecnologia veio para mostrar uma visão mais exata do que será construído, incluindo todas as camadas de materiais e instalações que, muitas vezes, são complexas de se entender através de desenhos. Também é gerado com essa tecnologia imagens que facilitam a compreensão e execução do projeto, com possibilidade de ver através das paredes e entender o caminho das instalações, contribuindo com o processo e reduzindo os erros.

Abaixo será citado alguns exemplos de ferramentas que utilizam a tecnologia de Realidade Aumentada que vão revolucionar a forma de se fazer construção civil.

6.4.1 Morpholio Ar Sketchwalk

O Morpholio Ar Sketchwalk (Figura 15) é uma ferramenta onde os profissionais da área utilizam para mostrar ao cliente uma noção maior e mais verdadeira do espaço projetado.

Para utilizá-lo, basta apenas posicionar o croqui do projeto em um plano, podendo ser o próprio terreno, através de um dispositivo (Celular, Ipad, Tablet), após posicionar é só percorrê-lo que a própria ferramenta criará uma ideia através do croqui e proporcionará uma experiência mais interativa para o cliente.

Figura 15 - Tela do Morpholio Ar Sketchwalk



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

6.4.2 Daqri Smart Helmet

O Daqri Smart Helmet (Figura 16) é um capacete que visualiza projetos e modelos 3D de forma imersiva e em grande escala. Esse capacete permite comparar o andamento do trabalho, melhorando assim o fluxo do trabalho em equipe.

Figura 16 - Capacete com Tecnologia de Realidade Aumentada



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

6.4.3 Augment

O Augment (Figura 17) é um aplicativo que transforma uma planta baixa em um holograma 3D, mostrando as imagens de modelos 3D e interagindo com o ambiente em tempo real e na escala correta.

Figura 17 - Simulação de Uso do Aplicativo Augment



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

6.4.4 Fologram

O Fologram (Figura 18) é um programa onde transforma os modelos 3D em instruções para a construção já em tamanho real, procurando facilitar a construção

dos projetos e criando um passo-a-passo para pedreiros durante o processo de construção.

Figura 18 - Simulação do Funcionamento do Fologram

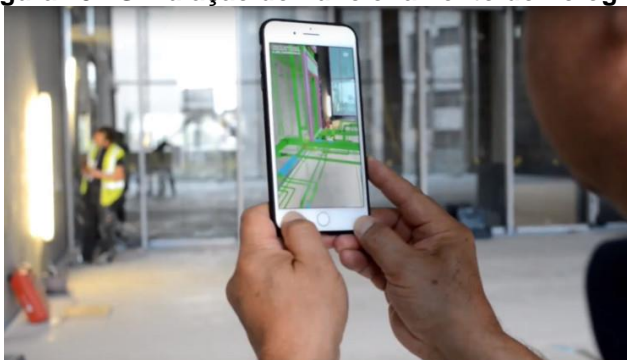


Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

6.4.5 Gamma Ar

O Gamma Ar (Figura 19) é um Aplicativo para monitorar o canteiro de obras, ele sobrepõe construções em 3D utilizando a realidade aumentada, comparando a realidade da obra com as informações do projeto, facilitando a compreensão de todo o planejamento da obra.

Figura 19 - Simulação do Funcionamento do Fologram

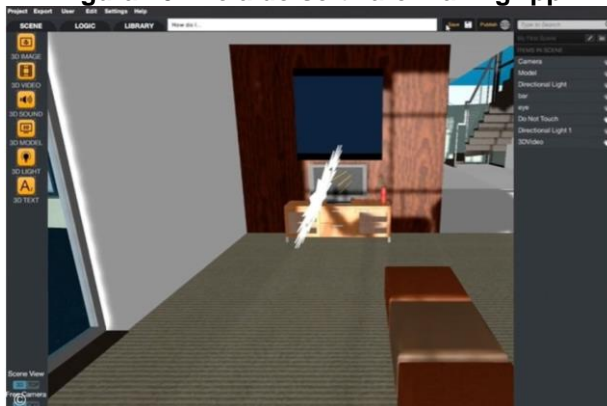


Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

6.4.6 WakingApp

O WakingApp (Figura 20) é um software que permite o usuários do Autodesk Revit e do Fusion 360 transformem os seus projetos em realidade aumentada em3D utilizando apenas um smartphone ou tablet.

Figura 20 - Tela do software WakingApp

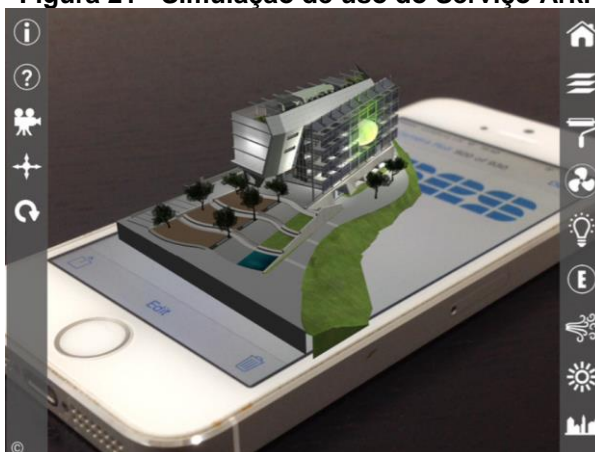


Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

6.4.7 Arki

O Arki (Figura 21) é um serviço de visualização em tempo real fornecendo modelos em 3D com vários níveis de interatividade, podendo ser usado em qualquer dispositivo iOS ou Android.

Figura 21 - Simulação de uso do Serviço Arki



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

7 TECNOLOGIA NO MEIO URBANO

A tecnologia no meio urbano, define uma cidade inteligente, que utiliza tecnologias para uma melhora da ocupação geográfica, facilitando a vida e o trabalho dos habitantes do local.

Essas tecnologias vem sendo desenvolvida com o propósito de solucionar questões simples futuramente, e que permitam obter cidades muito melhores e a lidar de forma mais assertiva com pequenos problemas, fazendo com que os moradores se conectem com a cidade e que tenham uma melhor qualidade de vida.

7.1 CIDADES INTELIGENTES

As cidades inteligentes possuem sistemas digitais e tecnologia de armazenamento de dados em nuvem, que colaboram para uma análise em tempo real das informações e contribuem para a coleta de novas informações e compreensão das mesmas.

Com o avanço da tecnologia, as cidades avançam ainda mais no desenvolvimento social, e com o uso da inteligência artificial esse processo será bem mais facilitado. Abaixo serão citadas algumas tecnologias que estão tornando as cidades ainda mais inteligentes.

7.1.1 Tecnologia de Registro de Atividades de Pedestres

Na Tecnologia de Registro de Atividades de Pedestre e através da Inteligência Artificial, é utilizado mapas de calor para fornecer informações em tempo real sobre as atividades dos pedestres pelas ruas da cidade. É possível verificar a localidade do pedestre, o motivo e por quanto tempo está no local.

Essas informações são utilizadas para uma possível alteração do desenho da cidade de acordo com o seu crescimento e desenvolvimento, permitindo também uma comparação das atividades para uma melhora no planejamento e nas operações urbanas, logo, os dados que são rastreados são apenas para uma análise, não mantendo um registro de informações pessoais.

7.1.2 Tecnologia de Rastreamento de Automóveis e Bicicletas

Na Tecnologia de Rastreamento de Automóveis e Bicicleta são utilizados sensores equipados com transmissão de dados sem fio para coletar dados e então

analisar as informações de forma criteriosa, sem precisar de uma infraestrutura adicional. Esses dados coletados servem não apenas para planejamento da cidade, mas também para decisões como por exemplo onde abrir uma loja, e qual o melhor horário para funcionamento da mesma.

Esses sensores utilizam a Inteligência Artificial e podem rastrear o tráfego tanto de carros quanto de bicicletas permitindo a criação de Aplicativos para a cidade inteligente.

7.1.3 Tecnologia nos Semáforos

Com a Tecnologia nos Semáforos, o uso da inteligência artificial no meio urbano, aperfeiçoa o monitoramento da cidade através do gerenciamento do tráfego e controle dos semáforos, e ao extrair dados de pedestres, veículos e bicicletas, a cidade fica muito melhor equipada para beneficiar de forma significativa os seus habitantes, pois esses monitoramentos ajudam na identificação de acidentes e no controle de fluxos, criando novas estratégias para o trânsito.

Com essa tecnologia é utilizada a Inteligência Artificial é utilizada para coletar os dados do tráfego em tempo real e assim proporcionar uma maior segurança no trânsito, tanto para pedestres, como para os condutores dos automóveis. Os sensores utilizados reúnem informações detalhadas e anônimas sobre modos de transporte, fluxo de tráfego, padrões de viagem, e controle da sinalização para criar decisões estratégicas e melhorar a infraestrutura urbana.

Ao fazer a coleta desses dados, é possível identificar onde e qual o motivo de ter ocorrido os problemas nas vias de tráfego dos veículos, e assim facilitar a resolução do problema, reduzindo o tempo e conseqüentemente evitando o congestionamento do trânsito, mantendo as ruas mais seguras.

7.2 CIDADES MAIS SUSTENTÁVEIS

A plataforma Spacemaker desenvolveu um projeto generativo, utilizando a Inteligência Artificial para criar cidades mais sustentáveis. Essa plataforma facilita o trabalho do projetista pois permite testar de forma rápida, soluções projetuais que para cada projeto em específico, avaliando as consequências de cada decisão no projeto.

Essa plataforma trabalha através de uma nuvem e oferece a possibilidade de incorporação de soluções sustentáveis no projeto, aumentando assim a eficiência da construção e permitindo uma completa mudança na forma como pensamos e construímos nossas cidades.

Os projetos feitos nessa plataforma (Figura 22), ocorrem em um processo mais rápido e eficiente, além de ser mais sustentável desde o início, sendo possível avaliar e otimizar as decisões projetuais em um curto período de tempo, e com a ajuda da inteligência artificial, será possível avaliar dados relativos ao terreno, aos mapas, às condições de ventilação, a iluminação natural, o tráfego de veículos e o zoneamento.

Figura 22 - Projeto Generativo Criado na plataforma Spacemaker



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/952943/spacemaker-desenvolve-projeto-generativo-baseado-em-inteligencia-artificial-para-cidades-mais-sustentaveis?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

7.3 TECNOLOGIA URBAN-X

A empresa Mini desenvolveu um programa de investimento, por nome de Urban-X para que pequenos empreendedores possam criar projetos onde proponham soluções de pequenos problemas urbanos.

O Urban-X possui um catálogo de projetos de pequenas soluções, com o uso de tecnologia, que futuramente poderão causar um grande impacto na sociedade, permitindo resolver problemas simples de forma prática e segura, com a utilização de softwares inteligentes.

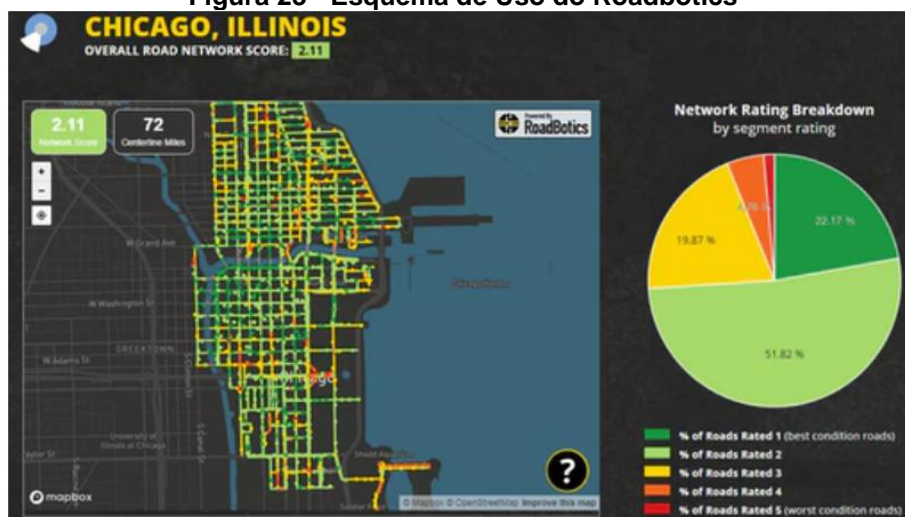
Dentre os projetos que se encontram no catálogo da empresa estão:

7.3.1 Roadbotics

O Roadbotics (Figura 23), utiliza a inteligência artificial para automatizar processos e criar mapas bem detalhados, transformando os dados visuais em um mapa interativo para cidades e ainda analisa e classifica os dados sobre a infraestrutura urbana.

O sistema está disponível por aplicativo onde pode ser pesquisado várias informações detalhadas da cidade.

Figura 23 - Esquema de Uso do Roadbotics



Fonte:

<https://www.forconstructionpros.com/infrastructure/article/21342373/roadbotics-releases-2021-us-cities-road-report>

7.3.2 Firmus Ai

A Firmus Ai é uma tecnologia que utiliza o aprendizado de uma máquina juntamente com a inteligência artificial para fazer um alerta sobre possíveis erros na licitação e construção.

A identificação dos riscos ocorre de forma automática utilizando o histórico registrado do setor e um sistema computacional, com desenhos da construção, fazendo com que haja uma economia de custo na construção e uma redução significativa de erros, reduzindo assim o retrabalho e os atrasos.

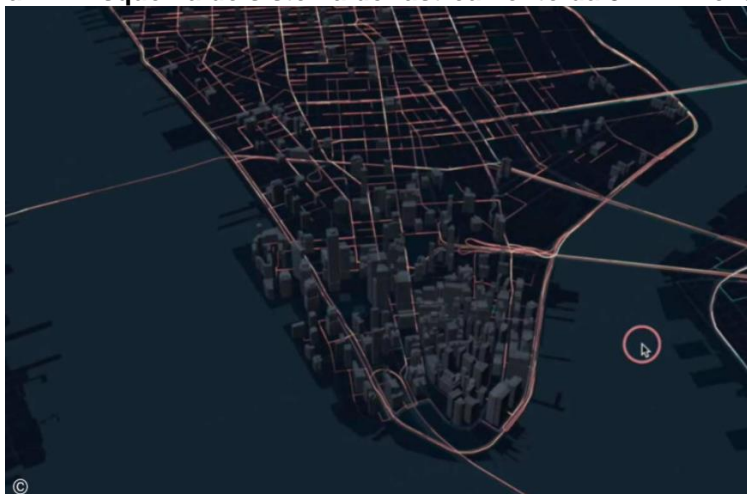
Esse sistema também cria painéis e relatórios que ajudam no processo de tomada de decisão, pois permitindo o acompanhamento e gerenciamento do projeto, possibilitando assim, lidar mais rapidamente com os riscos que surgirem durante o processo de construção.

7.3.3 3AM Innovations

A 3AM Innovations (Figura 24) é uma plataforma de comando, onde é fornecido uma visão completa sobre tudo, permitindo o rastreamento e compartilhamento de dados, onde pode ser registrar os movimentos de uma equipe, minimizando os riscos.

Essa tecnologia permite que seja dimensionado qualquer incidente de forma digital, ajudando assim a compreender a localização exata do incidente antes da chegada, sendo possível capturar arquivos geograficamente para ajudar a entender o incidente e a gravidade do mesmo.

Figura 24 - Esquema de sistema de rastreamento da 3AM Innovations



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/951006/como-podemos-transformar-nossas-cidades-com-o-uso-da-tecnologia>

8 SOFTWARES QUE AUXILIAM NA ELABORAÇÃO DO PROJETO

Os softwares auxiliam nos projetos executando cálculos, representações e simulações, definindo de forma segura e precisa, várias situações de projeto, facilitando a visualização e o planejamento de como ficará a futura construção.

Com a evolução da tecnologia surgiram no mercado vários softwares que desempenham importantes papéis em todas as etapas do projeto, abaixo será listado alguns desses softwares, as suas vantagens e como contribuem de forma significativa para a melhora da elaboração dos edifícios responsivos.

8.1 PREDESIGN

O PreDesign (Figura 25), foi produzido pela empresa Trimble, e é um aplicativo que utiliza dados e gráficos para contextualizar as informações dos fatores climáticos no projeto. Possui recursos de estratégias de sombreamento e envidraçamento do edifício de forma eficiente. Também possui recursos de Iluminação Natural auxiliando na melhora da iluminação da construção e recurso de Espaços Externos indicando as melhores estratégias para proporcionar uma ampliação na utilização do espaço.

O uso desse aplicativo desde o processo inicial, colabora ainda mais com o projeto, pois o mesmo fornece informações bem intuitivas sobre o clima, sobre a localização e ainda sobre o tipo de construção, permitindo que seja avaliado as melhores estratégias apropriadas para a construção do edifício, e que se adeque ao contexto da edificação, além de gerar gráficos para todo o acompanhamento da obra e possibilitar uma construção mais sustentável.

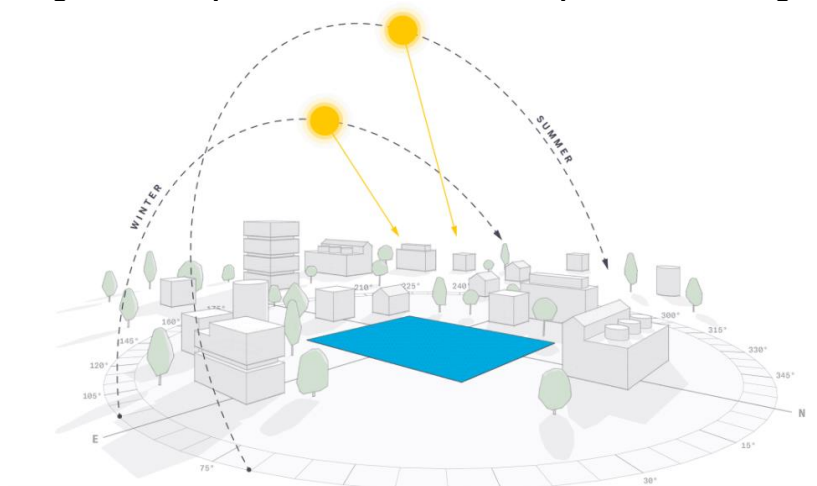
O PreDesign também cria um diagrama intuitivo do caminho do sol, onde é mostrado as áreas em que o terreno recebe mais a luz solar, o que ajuda na hora de projetar a edificação determinando especificamente as áreas em que necessitarão de um maior sombreamento, sendo eficaz na orientação dessa proteção, mostrando uma lista resumida de estratégias de sombreamento mais eficazes de acordo com o seu conceito.

Recomendações sobre envidraçamento também é uma facilidade proposta pelo aplicativo, ele é capaz de mostrar o equilíbrio certo entre luz do dia, conforto térmico, custo e estética a partir de parâmetros como tipo de vidro, isolamento de

moldura, controle solar e sombreamento externo. Com essas informações, é possível analisar o impacto das especificações do vidro e dos demais materiais.

Esse aplicativo utiliza uma plataforma em nuvem, capaz de fornecer informações úteis que facilitam o início do projeto, necessitando apenas informar o local do terreno e a tipologia da construção, feito isso o próprio sistema já apresenta as demais informações pertinente ao projeto permitindo que seja proposto as mais viáveis soluções, conectando as informações do clima com o tipo de construção, facilitando as decisões sobre a necessidade de aberturas, sombreamento ou aquecimento. É com base nas condições climáticas que o programa irá sugerir soluções que se adequam a construção, como aberturas maiores ou e sombreamento para controlar o ganho solar adverso, fazendo com que o edifício seja mais eficiente e com um aproveitamento máximo do clima.

Figura 25 - Esquema de estudo solar do Aplicativo PreDesign



Fonte: sketchup.com

8.2 SEFAIRA

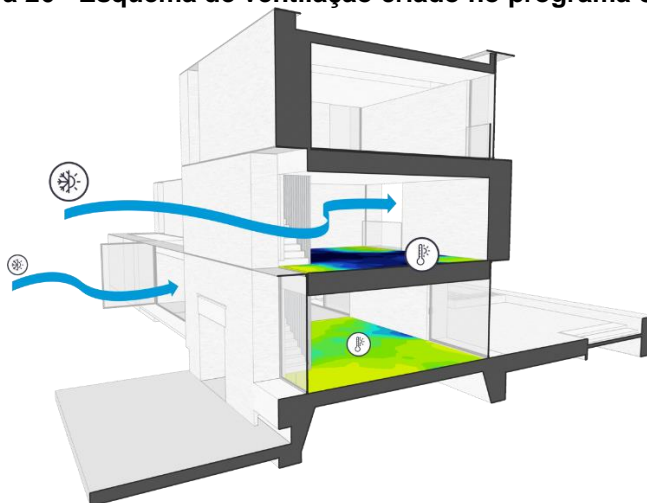
O Sefaira (Figura 26) também feito pela empresa Trimble, esse programa analisa desde a etapa inicial o melhor desempenho da construção. Cria comparações de layout, analisa a ventilação natural e sistemas de climatização HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) para os mais variados projetos. Ele também traz um acompanhamento de energia, luz do dia e conforto, com gráficos fáceis de entender. Tem a possibilidade de trabalhar em equipe através de compartilhamento do projeto por meio de nuvem.

Esse programa possui análises de eficiência energética, baseado em informações de desempenho em tempo real, de acordo com o modelo 3D criado, no meio da arquitetura, essas informações ajuda a compreender melhor a iluminação natural, o conforto térmico e o desempenho energético da edificação, trazendo uma maior eficiência da construção.

O programa também é capaz de fazer uma análise comparativa de várias estratégias de projeto, sendo possível definir, quantificar e otimizar a energia, a iluminação natural e o uso da água, tudo isso em um curto espaço de tempo e com um custo benefício bem maior.

O diferencial do programa Sefaira é que ele obtém resultados rápidos, sem a necessidade de cadastrar inúmeras informações para obter esses resultados significativos, o que facilita o entendimento e o uso do mesmo, e gera um equilíbrio entre o controle das informações e a facilidade de uso do programa.

Figura 26 - Esquema de ventilação criado no programa Sefaira



Fonte: sketchup.com

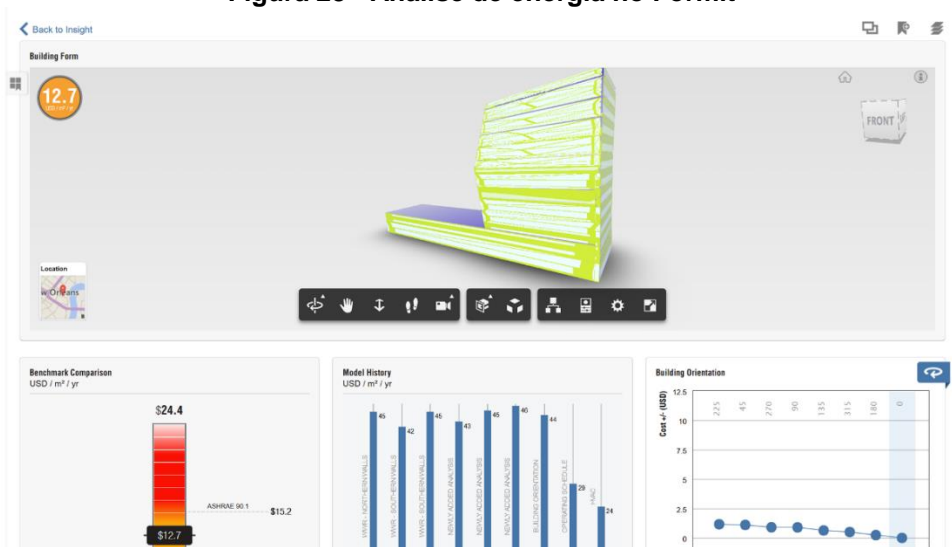
8.4 FORMIT

O Formit (Figura 28) é um software da empresa Autodesk, o programa possui uma conexão direta com o Revit, e tem um excelente desempenho na elaboração de projeto. Possui uma colaboração em tempo real, e permite projetar em qualquer hora e em qualquer lugar, tem a possibilidade de utilização no Windows, Web e iOS. Otimiza o desempenho da construção, auxiliando no envidraçamento, avaliando o impacto solar e o ganho de calor nas superfícies do edifício, baseado em uma análise de energia e análise solar.

Esse software possui um excelente desempenho, sendo possível importar o arquivo do AutoCad, criar um esboço em 3D e enviar para o Revit, tendo a capacidade de acessá-lo diretamente do Revit, sem ter a mudança dos materiais de projeto. No Formit é possível converter grandes arquivos para o Revit tendo a facilidade de que o processo de conversão seja até trinta vezes mais rápido sem precisar dividir o arquivo.

O FormIt possui conexão de armazenamento em nuvem e funcionalidades de interface e maneiras eficientes para navegar com filtro para que o projeto seja localizado de forma ágil. É possível utilizar o programa em qualquer lugar pois o mesmo pode ser instalado nos sistemas Windows, Web e iOS, levando a facilidade da modelagem ao toque, facilitando a criação de esboços rápidos de projetos.

Figura 28 - Análise de energia no Formit



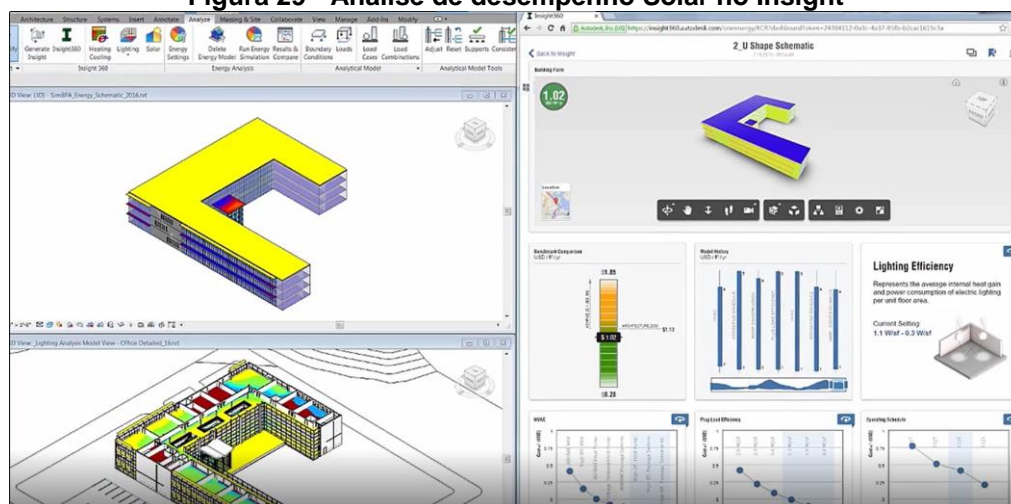
Fonte: formit.autodesk.com

8.5 INSIGHT

O Insight (Figura 29), foi criado pela Autodesk, e é um plug-in que possui um ótimo desempenho a análise de construção, sendo um guia na melhora do desempenho de energia dos edifícios e no desempenho ambiental em todo o ciclo de vida da construção. Tem conexão tanto com o Revit quanto com o Formit, e mostra as informações de desempenho diretamente no ambiente de modelagem, desde o direcionamento inicial e até a operação e finalização do projeto e também tem a possibilidade de compartilhar o projeto com outras partes interessadas.

Com o programa é possível projetar com muito mais eficiência energética, pois o Insight possui recursos avançados de simulação em tempo real, que analisa o desempenho do edifício, o que ajuda na elaboração de construções sustentáveis. O software ainda possui um olhar intuitivo sobre a otimização da energia natural, mostra indicadores de todo o desempenho, indica fatores para que seja tomada a melhor estratégia e ainda gera cálculos de toda a carga de aquecimento e resfriamento da construção, mostrando os principais esquemas para utilização da iluminação natural.

Figura 29 - Análise de desempenho Solar no Insight



Fonte: formit.autodesk.com

9 SISTEMAS RESPONSIVOS NAS FACHADAS

Em diferentes projetos arquitetônicos é possível identificar soluções responsivas em que é permitido a adaptação do edifício às condições do clima ambiental. Esses sistemas permite uma interação do edifício com o meio em que está inserido, controlando o clima do ambiente e tendo um aproveitamento de energias físicas naturais do ambiente.

A fachada que utiliza o sistema responsivo responde de acordo com o contexto a que está inserida, colaborando com a sustentabilidade e com uma maior eficiência do edifício construído. Esse sistema, de certa forma, tenta reproduzir os mecanismos da natureza, Abaixo será descrito alguns exemplos de edificações que utilizam o sistema responsivo.

9.1 EXEMPLOS DE SOLUÇÕES RESPONSIVAS

Os exemplos responsivos citados nesse trabalho, traz soluções de fachadas com uma superfície interativa, tendo como objetivo maior a diminuição do custo energético, otimizando os recursos naturais na construção.

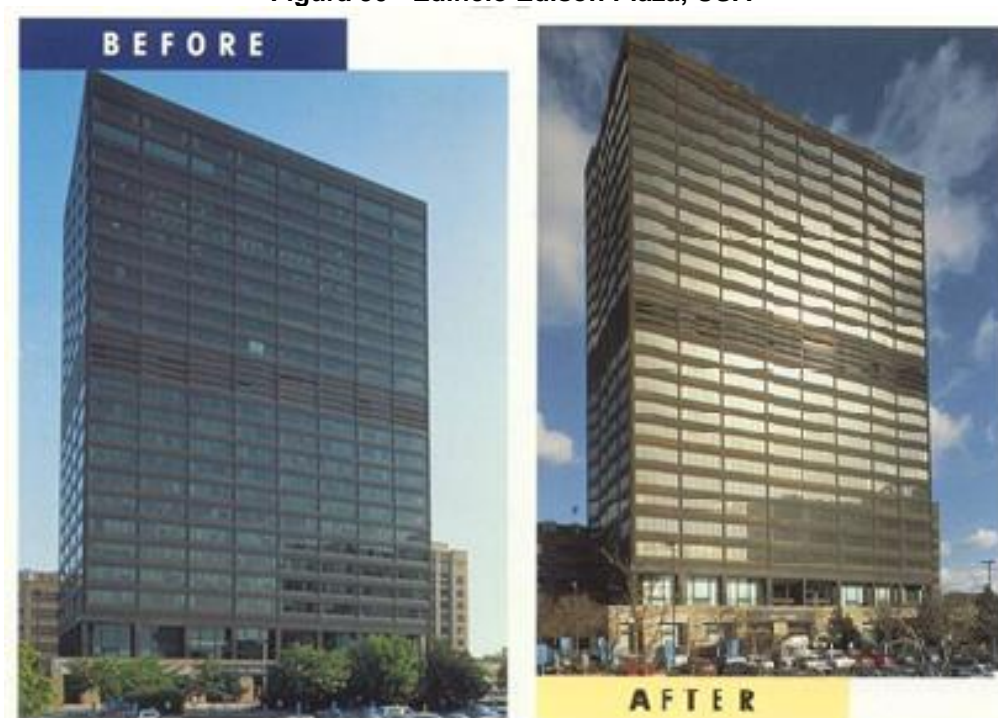
9.1.1 Envelopamento Predial

O envelopamento predial (Figura 30) são peles de alta performance que responde as condições ambientais, sendo uma barreira entre a construção e o meio externo, controlando assim a entrada de energia para a parte interna.

Esse tipo de sistema é utilizado não somente pela estética, mas também por trazer muitos benefícios como o melhoramento do desempenho da edificação em relação a conforto dos usuários, economia de energia e baixa manutenção.

O uso do envelopamento no edifício auxilia na diminuição da temperatura, pois rejeita a energia por convecção e radiação, limitando o ganho de calor e refletindo- o pelo vidro aquecido.

Figura 30 - Edifício Edison Plaza, USA



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/1874114/>

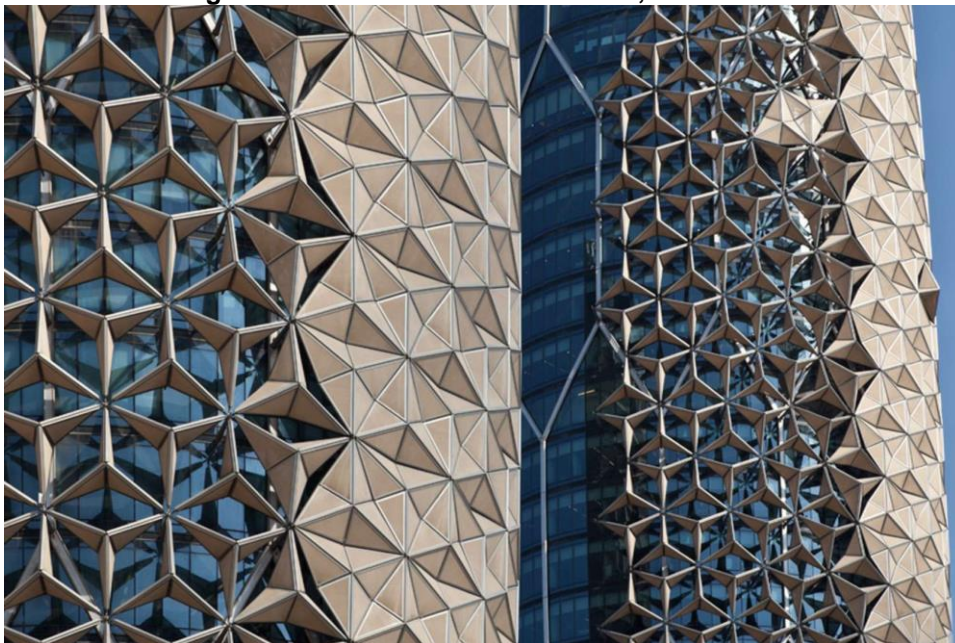
9.1.2 Air Flow(er)

Air Flow(er) (Figura 31) é Sistema criado pelo escritório Lift Architects e que não utiliza energia, é ativado pela variação térmica do local. Possui funcionamento baseado nas pétalas da flor de Crocus que quando submetida a temperaturas mais altas se abrem para gerar uma proteção para o edifício vedando a fachada de acordo com a movimentação solar no decorrer do dia.

Essa tecnologia utiliza uma espécie de “guarda-sóis” que são controladas por computadores, e que além de ter o movimento de abrir e fechar, correm horizontalmente para uma proteção mais ampla de todo o edifício, que reduz o uso de ar condicionados pois o interior do edifício fica menos aquecido.

O sistema foi inspirado em muxarabis, construídos em fibra de vidro e instalados com distância cerca de dois metros da construção e além de proteger da luz do sol ainda traz privacidade aos usuários.

Figura 31 - Edifício Al Bahar Towers, Abu Dhabi



Fonte: <https://metalica.com.br/torres-al-bahar/>

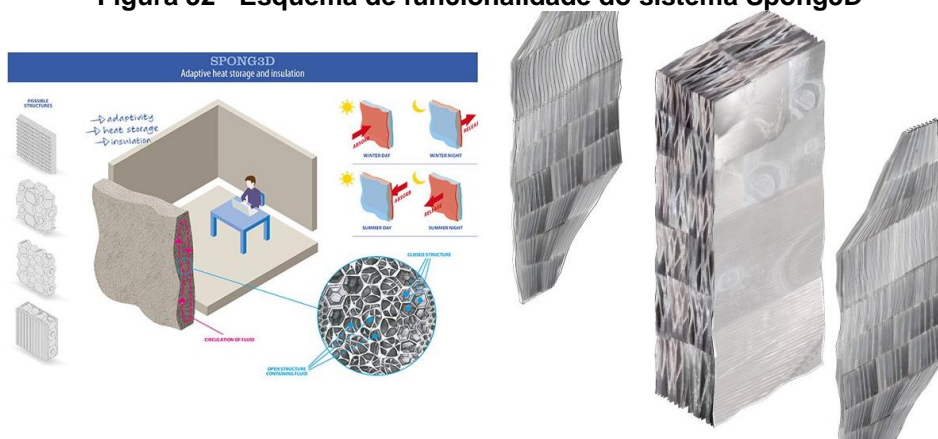
9.1.3 Spong3D

O Spong3D (Figura 32) é um sistema que usa tecnologia de Additive Manufacturing, é impresso em 3D e possui funções que otimizam o desempenho térmico durante o ano, controlando a troca de calor por meio de uma estrutura porosa que gera isolamento térmico, também um líquido de água com aditivos se movimenta absorvendo e liberando calor no local necessário.

Para fornecer o isolamento térmico, a estrutura porosa fica vazia, e uma camada de ar é formada fazendo com que o ambiente não perca calor. Já para fornecer a liberação do aquecimento nos ambientes, o líquido é escoado pelos canais atuando como massa térmica absorvendo o calor.

O líquido pode ser transferido para outras partes da fachada onde houver a necessidade de absorção e liberação do calor, como são controlados por camadas externas, funcionam como fluidos de vasos sanguíneos, regulando assim a temperatura no interior do edifício.

Figura 32 - Esquema de funcionalidade do sistema Spong3D



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/920838/10-solucoes-de-fachadas-adaptativas-para-uma-arquitetura-resiliente?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

9.1.4 Envidraçamento Adaptativo

O envidraçamento Adaptativo (Figura 33) possui a capacidade de se adaptar controlando a quantidade de entrada de luz ao ambiente, sem precisar da utilização de persianas ou telas solares, apenas alterando as suas propriedades ópticas e suas propriedades térmicas, como por exemplo a cor do vidro de acordo com a radiação solar.

Esse envidraçamento traz ao ambiente conforto e economia, pois se tingem automaticamente, permitindo a entrada da quantidade exata de luz ao ambiente, colaborando na redução de energia, reduzindo a necessidade de aquecimento, ar condicionado e iluminação artificial. Por também possuir uma tecnologia dinâmica, o vidro tem uma proteção ao calor solar e ao ofuscamento, sendo uma solução sustentável, pois ao se adaptar às condições externas elimina a necessidade de persianas ou venezianas.

No seu funcionamento, o vidro utiliza um algoritmo avançado, onde são utilizados sensores nos telhados e fachadas, que fazem a previsão da luz do dia levando em consideração a temperatura, iluminância, ocupação, tamanho da janela, hora do dia, estação do ano, orientação do edifício, ângulo do sol e condições do céu para regular com precisão o tom para as condições ideais, permitindo a redução do brilho sem a necessidade de dispositivos de sombreamento e ao mesmo tempo, aumenta a quantidade de luz quando necessário, para então economizar a luz artificial. Esse sistema também funciona de forma manual e por meio de Aplicativos para não ficar dependente apenas de dos sensores e meios automáticos.

Figura 33 - Exemplo de vidro adaptativo



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/920838/10-solucoes-de-fachadas-adaptativas-para-uma-arquitetura-resiliente?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

9.1.5 Prosolve370e

O prosolve370e (Figura 34) é um módulo de fachada que são revestidos com dióxido de titânio (TiO_2), essa tecnologia auxilia na redução da poluição do ar e é ativada através da luz do sol.

Apesar de ser apenas um módulo decorativo, a configuração dessa tecnologia, neutraliza os poluentes do ar e efetivamente "limpa" os de toxinas liberando radicais livres esponjosos que são capazes de eliminar os poluentes.

Figura 34 - Esquema e utilização de um módulo prosolve370e



Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/920838/10-solucoes-de-fachadas-adaptativas-para-uma-arquitetura-resiliente?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais, tem se notado a importância de inserir na arquitetura os elementos responsivos que se adaptem de forma inteligente ao meio em que está inserido, onde trarão inúmeros benefícios ao homem e ao meio ambiente. As construções que fazem uso dessas tecnologias tem um desempenho energético muito melhor que os edifícios comuns.

Dessa forma, o trabalho em questão mostrou que a utilização da arquitetura responsiva traz uma maior funcionalidade aos edifícios oferecendo um melhor desempenho da edificação e tornando possível a economia de energia, o reaproveitamento da luz natural, a redução da poluição, o conforto térmico nos ambientes da edificação, entre outros.

Os elementos responsivos reagem de forma apropriada a diversas situações, conforme o ambiente altera as suas características de clima, esses elementos se adaptam de forma automática para manter sempre o conforto do usuário, e tudo isso de forma prática e funcional.

O uso da tecnologia para a criação dos edifícios responsivos tem sido cada vez mais frequente, pois oferecem novas possibilidades e diminuem significativamente a probabilidade de erros, ainda no início da construção. A tecnologia traz uma interatividade com o usuário e estimula uma comunicação informativa.

Para projetar um edifício responsivo, é necessário fazer várias análises antes de ser de fato executada a construção, análises como a localização do terreno, o entorno do local, a topografia da área, a vegetação existente, a ventilação, a volumetria da edificação, as variações e fatores climáticos, orientação solar e estudo da insolação, decisões projetuais, fazem toda a diferença na elaboração do projeto responsivo, pois essas análises auxiliam no conforto térmico, na economia de energia e na otimização de desempenho do edifício.

Para a elaboração de um edifício responsivo, frequentemente vem sendo usado materiais inteligentes em sua composição, esses materiais possuem a capacidade de se reconfigurarem, mudarem o seu comportamento e se adaptarem de forma inteligente a um novo ambiente, para que o usuário possa obter conforto.

A tecnologia paramétrica também é utilizada para criar os edifícios responsivos, nessa tecnologia são utilizados algoritmos que auxiliam no projeto arquitetônico considerando diversos fatores, como clima, topografia, comportamento dos materiais,

entre outros. Os recursos dessa tecnologia usam os resultados desses algoritmos como parâmetro que auxiliam na projeção dos edifícios, contribuindo assim para uma nova modelagem construtiva.

A arquitetura responsiva, utiliza como estratégia a automação, que são sistemas mecânicos ou eletrônicos que não precisam ser controlados pelo trabalho humano, funções como liga/desliga, abre/fecha, são feitos automaticamente pelo sistema. A utilização desses comandos geram economia de energia e conseqüentemente redução de desperdícios, contribuindo também para a sustentabilidade ambiental.

A arquitetura cinética possui o conceito de movimento, e essa tecnologia também colabora com a arquitetura responsiva. Com essa tecnologia, parte da estrutura do edifício se move através de estímulos, promovendo uma modificação no espaço e auxiliando no sombreamento da edificação e no controle da entrada de luz e ar no ambiente.

Na arquitetura responsiva, o uso da inteligência artificial auxilia na elaboração de projetos de forma a ampliar e otimizar o processo de criação. A inteligência artificial se baseia na coleta de dados e assim aperfeiçoa e auxilia desde o processo inicial da edificação, apresentando várias alternativas projetuais mais equilibrada e sustentável, de acordo com os dados coletados.

Com o método de Design Generativo é possível criar arquivos de imagem, som e animação da edificação, possibilitando uma pré análise da construção, antes mesmo de ser edificada. A criação dos arquivos é possível graças a modelagem 3D que pode ser executada em um software que utiliza a inteligência artificial e assim se antecipa quanto a falhas no projeto e imprevistos da construção.

A realidade aumentada auxilia na construção de edifícios responsivos através da produção do ambiente virtuais incluindo elementos no espaço já existente, aumentando a eficiência da construção, e mostrando de forma mais próximo do real o que será construído.

A tecnologia tem se tornado cada vez mais presente e as cidades estão evoluindo e se tornando cada vez mais inteligente. Futuramente, problemas simples poderão ser solucionados de forma assertiva, trazendo melhora na qualidade de vida da sociedade e no avanço no desenvolvimento social.

Com o avanço da tecnologia, foram criados alguns softwares que auxiliam os arquitetos a projetarem edificações responsivas, são programas que revolucionam a

forma de projetar, executando cálculos, fazendo representações e simulações bem realistas da construção, que facilitam a visualização do projeto e melhora o planejamento de forma geral da obra. A utilização desses programas traz informações bem mais específicas ao projeto, informações sobre o clima, a localização, o tipo de construção, análises sobre desempenho energético, e ainda traz sugestões de estratégias e serão mais adequadas para a construção do edifício responsivo.

Por fim, conclui-se que todas essas tecnologias simplificam o trabalho do arquiteto, e somam qualidade e agilidade, coisas que são muito importantes na hora de projetar, o que antes levaria bem mais tempo para ser feito, com a utilização desses recursos, o tempo de projeção e criação de um edifício, ficam bem mais reduzidos, com bem menos chance de erro de projeto e colabora com a sustentabilidade na edificação.

REFERÊNCIAS

ADDINGTON, Michelle; SCHODEK, Dan-iel. **Smart materials and new technologies**. Oxford: Architectural Press, 2005. P. 54.

AECWEB. **Arquitetura interativa dá nova função aos projetos: a de se comunicar**, [S. l.], p. 0-0, 22 jan. 2020. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/arquitetura-interativa-da-nova-funcao-aos-projetos-a-de-se-comunicar/10939>. Acesso em: 3 out. 2021.

ARCHDAILY. **Pavilhão de Pesquisa ICD/ITKE / Universidade de Stuttgart, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo**, [S. l.], p. 0-0, 24 mar. 2021. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/01-104457/pavilhao-de-pesquisa-icd-slash-itke-slash-universidade-de-stuttgart-faculdade-de-arquitetura-e-urbanismo?ad_source=search&ad_medium=projects_tab. Acesso em: 23 out. 2021.

ARCHDAILY. **9 Tecnologias de Realidade Aumentada para construção**, [S. l.], p. 0-0, 5 abr. 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/914441/8-tecnologias-de-realidade-aumentada-para-construcao>. Acesso em: 2 out. 2021.

ARCHDAILY. **A arquitetura deve ser estática? As possibilidades dos edifícios cinéticos**, [S. l.], p. 0-0, 5 fev. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/956422/a-arquitetura-deve-ser-estatica-as-possibilidades-dos-edificios-cineticos>. Acesso em: 23 out. 2021.

ARCHDAILY. **A estética da automação: analisando uma habitação de baixo custo impressa em 3D**, [S. l.], p. 0-0, 6 jul. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/963292/a-estetica-da-automacao-analisando-uma-habitacao-de-baixo-custo-impressa-em-3d>. Acesso em: 18 set. 2021.

ARCHDAILY. **Automação na Arquitetura**, [S. l.], p. 0-0, 1 jun. 2021. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/tag/archdaily-topic-2021-automacao-na-arquitetura?ad_source=monthly_article&ad_medium=bottom_link. Acesso em: 11 set. 2021.

ARCHDAILY. **Automação na arquitetura**, [S. l.], p. 1-1, 10 jul. 2021. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/963502/breve-historia-da-automacao-na-arquitetura?ad_source=search&ad_medium=search_result_all. Acesso em: 11 set. 2021.

ARCHDAILY. **Como a automação está mudando a arquitetura de interiores**, [S. l.], p. 0-0, 12 mar. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/935053/como-a-automacao-esta-mudando-a-arquitetura-de-interiores>. Acesso em: 18 set. 2021.

ARCHDAILY. **Como a inteligência artificial transformará a arquitetura até 2050**, [S. l.], p. 0-0, 3 jan. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/937656/como-a-inteligencia-artificial-transformara-a-arquitetura-ate-2050>. Acesso em: 3 out. 2021.

ARCHDAILY. **Como escritórios de arquitetura estão aplicando o design generativo**, [S. l.], p. 0-0, 28 ago. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/966254/como-escritorios-de-arquitetura-estao-aplicando-o-design-generativo>. Acesso em: 2 out. 2021.

ARCHDAILY. **Como o Design Generativo deve impactar a arquitetura**, [S. l.], p. 0-0, 11 jun. 2021. Disponível em: Como o Design Generativo deve impactar a arquitetura. Acesso em: 2 out. 2021.

ARCHDAILY. **Como podemos transformar nossas cidades com o uso da tecnologia**, [S. l.], p. 0-0, 10 nov. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/951006/como-podemos-transformar-nossas-cidades-com-o-uso-da-tecnologia>. Acesso em: 23 out. 2021.

ARCHDAILY. **Como serão os banheiros no futuro**, [S. l.], p. 0-0, 25 out. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/926296/como-serao-os-banheiros-no-futuro>. Acesso em: 18 set. 2021.

ARCHDAILY. **Instalação "Driver Less Vision" questiona o papel da inteligência artificial no planejamento de nossas cidades**, [S. l.], p. 0-0, 22 jun. 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/898234/instalacao-driver-less-vision-questiona-o-papel-da-inteligencia-artificial-no-planejamento-de-nossas-cidades>. Acesso em: 23 out. 2021.

ARCHDAILY. **Inteligência artificial da IBM indica onde plantar árvores para armazenar mais carbono**, [S. l.], p. 0-0, 12 set. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/966892/inteligencia-artificial-da-ibm-indica-onde-plantar-arvores-para-armazenar-mais-carbono>. Acesso em: 2 out. 2021.

ARCHDAILY. **Inteligência artificial e arquitetura: como a tecnologia está mudando a forma de projetar e vivenciar o espaço**, [S. l.], p. 0-0, 28 jun. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/963157/inteligencia-artificial-e-arquitetura-como-a-tecnologia-esta-mudando-a-forma-de-projetar-e-vivenciar-o-espaco>. Acesso em: 18 set. 2021.

ARCHDAILY. **Inteligência artificial e gestão urbana: 7 aplicações práticas**, [S. l.], p. 0-0, 20 abr. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/937777/como-a-inteligencia-artificial-pode-ser-aplicada-aos-sistemas-urbanos-e-a-sua-gestao>. Acesso em: 23 out. 2021.

ARCHDAILY. **Mais luz natural, menos ofuscamento e calor: Como funciona o vidro que se tingue automaticamente**, [S. l.], p. 0-0, 22 abr. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/960145/mais-luz-natural-mas-menos-ofuscamento-e-calor-como-funciona-o-vidro-tingivel-automaticamente>. Acesso em: 18 set. 2021.

ARCHDAILY. **Maneiras inesperadas de como nossas cidades estão se tornando mais inteligentes**, [S. l.], p. 0-0, 12 set. 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/924458/maneiras-inesperadas-de-como-nossas-cidades-estao-se-tornando-mais-inteligentes>. Acesso em: 23 out. 2021.

ARCHDAILY. **O papel da inteligência artificial na reconstrução de cidades devastadas pela guerra**, [S. l.], p. 0-0, 11 maio 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/938754/o-papel-da-inteligencia-artificial-na-reconstrucao-de-cidades-devastadas-pela-guerra>. Acesso em: 23 out. 2021.

ARCHDAILY. **Pavilhão de Pesquisa ICD/ITKE / Universidade de Stuttgart, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo**, [S. l.], p. 0-0, 1 fev. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-104457/pavilhao-de-pesquisa-icd-slash-itke-slash-universidade-de-stuttgart-faculdade-de-arquitetura-e-urbanismo>. Acesso em: 16 out. 2021.

ARCHDAILY. **Sistemas para projetar uma residência inteligente e "Contactless"**, [S. l.], p. 0-0, 25 jun. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/942027/como-projetar-uma-residencia-inteligente-e-contactless>. Acesso em: 5 out. 2021.

ARCHDAILY. **Spacemaker desenvolve projeto generativo baseado em Inteligência Artificial para cidades mais sustentáveis**, [S. l.], p. 0-0, 15 dez. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/952943/spacemaker-desenvolve-projeto-generativo-baseado-em-inteligencia-artificial-para-cidades-mais-sustentaveis>. Acesso em: 23 out. 2021.

ARCHDAILY. **Uma arquitetura sem contato: Sensores e novas tecnologias para a vida diária em ambientes fechados**, [S. l.], p. 0-0, 29 abr. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/938431/uma-arquitetura-sem-contato-sensores-e-novas-tecnologias-para-a-vida-diaria-em-ambientes-fechados>. Acesso em: 4 out. 2021.

ARCHDAILY: Design Generativo. **Impacto na arquitetura**, [S. l.], p. 1-1, 11 jun. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/937608/como-o-design-generativo-deve-impactar-a-arquitetura>. Acesso em: 4 set. 2021.

ARQUITETO leandro amaral. **Revit: Tudo o que você precisa saber sobre ele**, [S. l.], p. 0-0, 25 jun. 2020. Disponível em: <https://arquitetoleandroamaral.com/revit/>. Acesso em: 23 out. 2021.

ATELIEPRAINHA2016. **Decisões Projetuais**, [S. l.], p. 0-0, 5 out. 2020. Disponível em: <https://atelierpraina2016.wixsite.com/hibridocarolevander/decisoes>. Acesso em: 23 out. 2021.

ATTMANN, O. (2012). **Architecture as a Science: Integrating macroelectronics** AUTODESK. **Apresentando FormIt 2022.1**, [S. l.], p. 0-0, 13 ago. 2021. Disponível em: <https://formit.autodesk.com/>. Acesso em: 23 out. 2021.

AUTODESK. **Software de análise de desempenho de construção**, [S. l.], p. 0-0, 18 ago. 2021. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/insight/overview>. Acesso em: 23 out. 2021.

BLOGDAARQUITETURA. **AUGMENT**, [S. l.], p. 1-1, 18 nov. 2015. Disponível em: <https://blogdaarquitectura.com/augment-o-app-que-une-3d-e-realidade-aumentada/>. Acesso em: 4 set. 2021.

CASAVOGUE. **Como a arquitetura paramétrica influencia em construções no mundo**, [S. l.], p. 0-0, 13 jan. 2021. Disponível em: <https://casavogue.globo.com/Arquitetura/noticia/2018/12/saiba-o-que-e-arquitetura-parametrica-e-como-influencia-construcoes-no-mundo.html>. Acesso em: 16 out. 2021.

COMOPROJETAR. **Análise do terreno**, [S. l.], p. 1-1, 12 jan. 2021. Disponível em: <http://comoprojetar.com.br/como-fazer-uma-analise-do-terreno-e-entorno/>. Acesso em: 4 set. 2021.

Construction. Vol.1, nº2. p. 96-102.

DICAS.LINK. **Os melhores termostatos inteligentes do ano**, [S. l.], p. 0-0, 25 jan. 2020. Disponível em: <https://dicas.link/os-melhores-termostatos-inteligentes-do-ano/>. Acesso em: 18 set. 2021.

EJECIV. **Arquitetura Flexível e Sistemas Responsivos**, [S. l.], p. 0-0, 14 ago. 2019. Disponível em: <https://www.ejeciv.com.br/post/2019/08/14/arquitetura-flex%C3%ADvel-e-sistemas-responsivos>. Acesso em: 16 out. 2021.

ENGENHARIADIGITAL. **Revit e BIM significam a mesma coisa**, [S. l.], p. 0-0, 22 mar. 2018. Disponível em: <https://engenhariadigital.com/revit-e-bim-significam-a-mesma-coisa/>. Acesso em: 23 out. 2021.

FIRMUS. **O que o FIRMUS pode fazer por você**, [S. l.], p. 0-0, 24 ago. 2021. Disponível em:

https://www.firmus.ai/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br. Acesso em: 23 out. 2021.

FOX, M. e YEH, B. (2000). **Intelligent Kinetic Systems in Architecture**. In P. Nixon et al, Managing Inter- actions in Smart Environments: First International Workshop (pp. 91-103). London: Springer.

HABITAMOS. **Planta de situação**, [S. l.], p. 0-0, 11 maio 2021. Disponível em: <http://www.habitamos.com.br/voce-sabe-a-diferenca-entre-planta-de-situacao-e-planta-de-localizacao/>. Acesso em: 23 out. 2021.

ISSUU. **Complexo Responsivo**, [S. l.], p. 0-0, 4 dez. 2017. Disponível em: https://issuu.com/p_cesarmarques/docs/caderno_-_complexo_responsivo. Acesso em: 23 out. 2021.

KLOOSTER, T. (2009). **Smart Surfaces and their application in architecture and design**. Basel. Boston. Berlin: Birkhäuser.

LAREDO. **Posicionamento do lote**, [S. l.], p. 1-1, 23 nov. 2017. Disponível em: <https://blog.laredo.com.br/posicionamento-do-lote/>. Acesso em: 4 set. 2021.

LEITE, B. C. C. **Análise do desempenho de edifícios de escritórios automatizados através da avaliação pós-ocupação.** Dissertação (Mestrado). 1997. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. 385p.

LOONEN R., Trčka D., Cóstola D., Hensen, J. (2013). **Climate adaptative buildings shells: State-of-the-art and future challenges.** Renewable and Sustainable Energy Reviews 25. (pp. 483-493).

METALICA. **Torres Al Bahar**, [S. l.], p. 0-0, 20 jun. 2016. Disponível em: <https://metalica.com.br/torres-al-bahar/>. Acesso em: 23 out. 2021.

MOLONEY, J. (2011). **Designing Kinetics for Architectural Facades: State Change.** New York, NY: Routledge.

NEGROPONTE, N. **Soft Máquinas de Arquitetura**, Cambridge, MA: MIT Press, 1975. 239p. ISBN 0-262-14018-7.

NEGROPONTE, Nichollas, **the Architecture Machine, England.** The Massachusetts Institute of Technology.

NICHOLAS Negroponte: Rumo a uma Teoria das Máquinas da Arquitetura. **Teoria das Máquinas**, [S. l.], p. 9/12, 2 mar. 1969. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1423828>. Acesso em: 1 maio 2021.

PAPERS.CUMINCAD. **Componente Responsivo para Fachadas: Análise e Validação**, [S. l.], p. 0-0, 23 jan. 2020. Disponível em: http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2016_449.pdf. Acesso em: 2 out. 2021.

PRAC.UFPB. **A definição da volumetria no projeto arquitetônico**, [S. l.], p. 0-0, 22 jul. 2020. Disponível em: <http://www.prac.ufpb.br/anais/IXEnex/iniciacao/documentos/anais/2.CULTURA/2CTDAMT04.pdf>. Acesso em: 23 out. 2021.

REVISTAS.USP. **Arquitetura performativa: o uso de materiais responsivos e fabricação digital em experiência de ensino**, [S. l.], p. 0-0, 12 mar. 2021. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/165582>. Acesso em: 16 out. 2021.

ROADBOTICS. **Conheça o AgileMapper da RoadBotics**, [S. l.], p. 0-0, 16 jul. 2019. Disponível em: https://www.roadbotics.com/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br. Acesso em: 23 out. 2021.

ROADBOTICS: Classificação de estradas. **RoadBotics classifica estradas**, [S. l.], p. 1-1, 22 mar. 2021. Disponível em: <https://www.forconstructionpros.com/infrastructure/article/21342373/roadbotics-releases-2021-us-cities-road-report>. Acesso em: 4 set. 2021.

SAGGIO: M. (2005): **Interactivity at the Centre of Avant-Garde Architectural Research.** 4D Space: Interactive Architecture (AD), 75 (1), 23-29.

SAINT-GOBAIN. **Efeito borboleta**, [S. l.], p. 1-1, 18 jan. 2021. Disponível em: <https://www.saint-gobain.com.br/destaques/efeito-borboleta-4-dicas-que-permitem-que-o-projeto-arquitetonico-ajude-combater-problemas>. Acesso em: 11 set. 2021.

SDU Campus Kolding: Henning Larsen. **Archdaily**, [S. l.], p. 1-1, 30 jan. 2015. Disponível em: <https://www.archdaily.com/590576/sdu-campus-kolding-henning-larsen-architects>. Acesso em: 1 mai. 2021.

SKETCHUP. **PreDesign: ensolarado com uma chance de um design melhor**, [S. l.], p. 0-0, 13 out. 2020. Disponível em: <https://blog.sketchup.com/article/predesign-sunny-with-a-chance-of-better-design>. Acesso em: 23 out. 2021.

SLIDEPLAYER. **Soluções de envelopamento**, [S. l.], p. 0-0, 1 maio 2020. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/1874114/>. Acesso em: 23 out. 2021.

SUNERGIA. **Instalação de usina solar fv | solo + telhado**, [S. l.], p. 0-0, 3 maio 2021. Disponível em: <https://sunergia.com.br/blog/instalacao-de-usina-solar-fv-solo-e-telhado/>. Acesso em: 23 out. 2021.

Technology in buildings. International journal of architecture, engineering and TOTALCAD. **Sefaira – Programa para Eficiência Energética**, [S. l.], p. 0-0, 21 jul. 2020. Disponível em: <https://totalcad.com.br/sefaira-programa-para-eficiencia-energetica/>. Acesso em: 23 out. 2021.

VIVADecORA. **Descubra como a arquitetura paramétrica cria projetos surpreendentes**, [S. l.], p. 0-0, 26 fev. 2019. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/arquitetura/arquitetura-parametrica/>. Acesso em: 16 out. 2021.

WIRED. **Daqri Smart Helmet**, [S. l.], p. 1-1, 1 jul. 2016. Disponível em: <https://www.wired.com/2016/01/daqri-helmet/>. Acesso em: 4 set. 2021.

XPECIALDESIGN. **Arquitetura Cinética, design e funcionalidade**, [S. l.], p. 0-0, 26 jun. 2020. Disponível em: <https://www.xpecialdesign.com.br/noticias/arquitetura-cinetica-unindo-o-design-e-a-funcionalidade/>. Acesso em: 18 set. 2021.