



# CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES COM TECNOLOGIAS DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS: ESTUDO SOBRE O EDIFÍCIO DA ACADEMIA DE CIÊNCIAS DA CALIFÓRNIA

Gabriela de oliveira Silva<sup>1</sup>  
Hugo César Castro<sup>2</sup>  
Mary Hellen da costa Monteiro<sup>3</sup>  
Sara Sanches<sup>4</sup>

## RESUMO

A sociedade globalizada está em ascendente crescimento econômico, tecnológico, científico, político e cultural. Com isso, a expansão dos espaços urbanos tem aplicado a sustentabilidade como forma de solução para os problemas ambientais. A sustentabilidade, por sua vez, tem por objetivo promover a preservação dos recursos ambientais para as próximas gerações, preocupando-se sempre com a continuidade do meio ambiente e sua estrutura universal para manutenção da vida no planeta. Nesse contexto, a Engenharia Civil busca soluções e tecnologias de construções de edificações com materiais que atendam os requisitos da sustentabilidade, desde o processo de planejamento, execução e uso até a manutenção das edificações sem impactos no meio ambiente. Um aspecto fundamental nos projetos (estrutural, elétrico, hidrossanitário e arquitetônico) é a análise de viabilidade financeira da obra em relação aos materiais sustentáveis que serão utilizados. Também devem ser consideradas as características estruturais dos materiais e a relação entre eles na edificação como um todo, sendo esta uma preocupação da mecânica aplicada aos materiais de construção. Este trabalho, tem por objetivo a análise sistemática de uma edificação sustentável, seus elementos e a relação entre eles no contexto e princípios da mecânica aplicada. A edificação utilizada foi a Academia de Ciências da Califórnia, localizada no Golden Gate Park e inaugurada em 2008, reconstruída após danos causados por um terremoto em 1989. Os resultados da análise e discussão neste trabalho podem apresentar elementos importantes a serem considerados em projetos de edificações de pequeno, médio e grande porte, aplicando os princípios de sustentabilidade em todas as etapas de construção.

Palavras-Chave: Sustentabilidade; Engenharia Civil; Edificação.

<sup>1</sup> Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (gabi.o\_silva@hotmail.com)

<sup>2</sup> Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (hugo.castro@outlook.com)

<sup>3</sup> Docente do Centro Universitário UniEvangelica e Mestra em Ciências Moleculares pela UEG E-mail: maryhellencostta@gmail.com

<sup>4</sup> Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (sarasanchessa@gmail.com)



## Abstract:

Globalized society is in increasing economic, technological, scientific, political and cultural growth. With this, the expansion of urban spaces has applied sustainability as a way of solving environmental problems. Sustainability, in turn, aims to promote the preservation of environmental resources for the next generations, always worrying about the continuity of the environment and its universal structure for the maintenance of life on the planet. In this context, Civil Engineering seeks solutions and technologies for construction of buildings with materials that meet the requirements of sustainability, from the planning process, execution and use to the maintenance of buildings with no impact on the environment. A fundamental aspect in the projects (structural, electrical, hydrosanitary and architectural) is the analysis of financial feasibility of the work in relation to the sustainable materials that will be used. Also the structural characteristics of the materials and the relation between them in the building as a whole should be considered, being this a concern of the mechanics applied to the building materials. This work aims at the systematic analysis of a sustainable building, its elements and the relationship between them in the context and principles of applied mechanics. The building used was the California Academy of Sciences, located at Golden Gate Park and inaugurated in 2008, rebuilt after earthquake damage in 1989. The results of the analysis and discussion in this paper may present important elements to be considered in building projects of small, medium and large size, applying the principles of sustainability in all stages of construction.

Keywords: Sustainability; Civil Engineering; Edification.

## 1 Introdução

A construção civil encontra-se em expansão subsidiada no novo contexto da sustentabilidade. Os espaços urbanos com a crescente utilização pela população, indústria e comércio exigem cada vez mais soluções sustentáveis na construção de edificações que suportem as necessidades de seus processos e acomodem com conforto todos que a utilizem. Neste contexto, a engenharia civil tem por responsabilidade planejar e construir espaços sustentáveis que preservem os recursos ambientais, sendo necessário analisar e considerar os elementos que compõem a estrutura da edificação a ser construída.

O estudo da tecnologia e materiais para construção que atendam requisitos de sustentabilidade deve levar em consideração os princípios da mecânica aplicada, com o objetivo de preservar ou melhorar aspectos como: resistência, durabilidade, degradação, reciclagem e reutilização. Na engenharia o processo de construção inicia com planejamento da edificação, com embasamento em estudos de viabilidade, orçamento, materiais, espaço e solo. Dessa forma, a próxima etapa que é a execução da obra deve seguir e respeitar as regras estabelecidas no processo de planejamento.

Após a edificação ser construída a manutenção dos espaços internos e externos devem atender e suportar os requisitos estabelecidos também na fase de planejamento. Em cada uma das etapas da construção é fundamental respeitar os requisitos de sustentabilidade sem perdas na qualidade da estrutura e do espaço. Para isso, é necessário explorar, observar e analisar construções e edificações considerando os princípios da mecânica aplicada sem prejuízos às tecnologias e materiais empregados nas estruturas internas e externas. Este trabalho tem por objetivo contribuir com a



melhoria dos aspectos sustentáveis na construção de edificações por meio da observação e análise de um modelo considerado na atualidade como sustentável.

O edifício utilizado como objeto de estudo foi a Academia de Ciências da Califórnia, localizada no Golden Gate Park e inaugurada em 2008, reconstruída após danos causados por um terremoto em 1989. Foi utilizada a revisão sistemática como metodologia de pesquisa baseada em critérios, para a busca e levantamento de trabalhos na linha de pesquisa de engenharia e sustentabilidade no contexto da mecânica aplicada. Localizado na Califórnia a academia de ciências abriga dentro de seu edifício uma floresta tropical, um aquário, um planetário além de vários espaços de exposição que são utilizados para abrigar todas as coleções da academia.

Projetado pelo arquiteto Renzo Piano, o prédio foi construído para se tornar um dos dez projetos “*Green Building*” do departamento do meio ambiente de São Francisco. Em sua construção foram utilizados materiais como o vidro, que além de ser um material totalmente reciclável traz grandes vantagens como redução de calor e economia de energia. O telhado verde fornece um isolamento térmico superior para a construção reduzindo a utilização de aparelhos de ar condicionado. Possui também um sistema de claraboias que são responsáveis pela ventilação natural no interior do edifício entre outras soluções sustentáveis que serão descritas no estudo de caso desta pesquisa.

Contudo, a observação dos elementos na estrutura do edifício permitiu a análise das soluções aplicadas com o objetivo de atender as exigências sustentáveis definidas nas fases de planejamento, execução, manutenção e utilização do edifício. Os elementos observados na estrutura do edifício selecionado são descritos na seção de estudo de caso deste trabalho, assim como a análise de seus aspectos sob a ótica dos conceitos de mecânica aplicada.

## 2 Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi a revisão sistemática, que permitiu a exploração de artigos científicos de pesquisas na área de engenharia e sustentabilidade. Também foi estabelecido um protocolo de pesquisa para seleção dos artigos mais relevantes da temática para análise, observação e descrição dos resultados referentes aos principais elementos sustentáveis empregados na construção do edifício da Academia de Ciências da Califórnia.

As revisões sistemáticas têm como objetivo apresentar uma avaliação justa a respeito de um tópico de pesquisa, fazendo uso de uma metodologia de revisão que seja confiável, rigorosa e que permita auditagem (KITCHENHAM, 2004). Após a interpretação dos estudos apresentados nos artigos, o edifício selecionado teve seus elementos estruturais analisados na visão dos conceitos físicos aplicados à estrutura e promoção da sustentabilidade.

## 3 . Estrutura do edifício da academia de ciências da Califórnia

Para desenvolvimento deste trabalho foi escolhido o edifício da Academia de Ciências da Califórnia, apresentado na Figura 1 abaixo. Localizado no parque Golden Gate em São Francisco, foi reconstruído após danos causados por um terremoto. O responsável pelo projeto arquitetônico foi o arquiteto Renzo Piano, considerando como



seu principal objetivo a reutilização de materiais de demolição e juntamente com opções sustentáveis para criar uma edificação que atendesse e superasse as exigências do departamento ambiental de São Francisco, além de uma construção mais resistente. Devido a sua localização e as exigências sustentáveis, Renzo Piano apostou em uma ideia diferente e ousada para prédios com este objetivo.

**Figura 1 – Edifício da Academia de Ciências da Califórnia**



Fonte: Tim Griffith (2012).

Diferente dos demais museus, a Academia de ciências utilizou como principais materiais de construção: o vidro, que traz uma visão transparente e clara do parque a sua volta mesmo para aquelas pessoas que estejam dentro do edifício; claraboia, que são utilizadas principalmente para ventilação e iluminação natural; e telhado verde, que facilita o gerenciamento de cargas de águas pluviais e traz melhorias térmicas para o interior do edifício. O vidro, a claraboia e o telhado verde foram os elementos selecionados para análise e discussão no estudo de caso desta pesquisa. Adiante serão apresentadas a composição dos materiais, resistência, durabilidade, viabilidade econômica e aspectos sustentáveis na edificação. Também serão discutidos princípios de mecânica aplicada às tecnologias destes materiais empregados na construção da edificação [4].

### 3.1 VIDROS

A evolução da utilização de vidros na construção civil é muito grande e vem ganhando força dia a dia. O vidro que anteriormente era utilizado em construções somente para estética agora aliado às tecnologias em sua fabricação, tornou-se um grande componente na construção de edifícios sustentáveis. A utilização deste material proporciona a redução do calor no interior do edifício e este pode ser controlado por meio de películas que bloqueiam a radiação solar, de acordo com a necessidade do ambiente



reduzindo então a utilização de máquinas para refrigeração e conseqüentemente economizando energia elétrica. Além disso, a sua utilização na estrutura permite a integração de ambientes externos e internos permitindo o acesso da luz natural fazendo com que 90% dos escritórios não utilizem energia elétrica gerando uma economia de energia. As estruturas que suportam o vidro acoplado no edifício estudado, conforme observado na Figura 2, são feitas de aço substituindo as convencionais paredes de alvenaria.

**Figura 2 – Paredes de vidro e estruturas de aço**



Fonte: Tim Griffith (2012).

A densidade do vidro é de  $2.5 \text{ kg/m}^2$ , ou seja, o vidro tem uma massa de 2,5 kg por  $\text{m}^2$  de superfície e por milímetro de espessura para os vidros planos. A resistência do vidro à compressão é muito elevada sendo  $1.000 \text{ N/mm}^2$  ou 1.000 Mpa, isso significa que para partir um cubo de vidro com 1 cm de aresta, a carga necessária é de aproximadamente 10 ton. Devido a estas características o vidro foi utilizado em grande parte do prédio principalmente na estrutura. O vidro é um material totalmente reciclado e pode ser utilizado infinitamente sem perda da qualidade na construção civil. Além da transparência, e da utilização na estrutura do prédio, foram acopladas 60 mil células fotovoltaicas nos vidros responsáveis pela vedação distribuídos nas extremidades do edifício, utilizados para captação de luz solar e transformação em energia elétrica, capazes de gerar 15% da energia consumida pelo prédio além da água quente. [3]

### 3.2 CLARABOIAS

Uma das principais funções desses elementos é iluminar o interior de uma edificação aproveitando a luz natural, dispensando assim recursos energéticos com iluminação artificial, aspecto sustentável que fez o arquiteto, Renzo Piano, optar por esse recurso, já que tinha a sustentabilidade como um dos principais focos do projeto. Além de iluminar, as claraboias trazem outra vantagem: a ventilação natural. As aberturas promovem uma ventilação mais eficiente, formando uma corrente de ar constante e ajuda a reduzir gastos com energia.

Vidro e plástico são os materiais que podem ser utilizados na confecção desses elementos, o edifício em estudo, utilizou o vidro para sua confecção. As claraboias plásticas são baratas, muito leves, e resistem ao estilhaçamento, mas não são energeticamente eficientes, e em geral têm uma duração bem menor do que as claraboias em vidro.

**Figura 3** – Detalhe das claraboias da Academia de Ciências da Califórnia



Fonte: Tim Griffith (2012).

### 3.3 Telhado verde

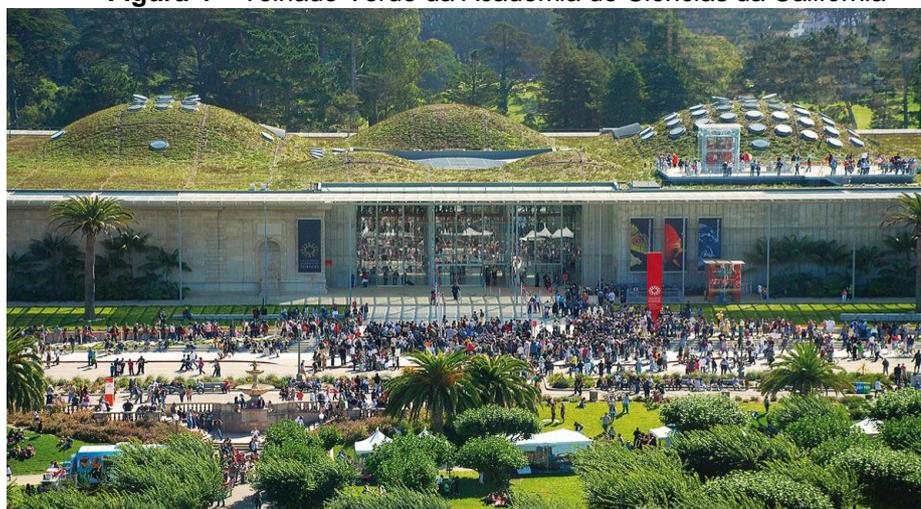
Uma das maiores e mais perceptíveis opções sustentáveis da Academia de Ciências da Califórnia é o seu telhado verde que reproduz uma floresta tropical com exemplares de espécies da região. Todo o telhado do prédio é feito sob uma superfície



ondulada de 10.000 metros quadrados em homenagem às colinas de San Francisco, e é coberto com 1,7 milhões de plantas nativas, que preenchem um espaço público de 112 mil metros quadrados como mostra a figura 3.

Este “telhado vivo” tem como principal função o resfriamento do interior do prédio. Sua capacidade de coleta de águas pluviais é de 13 milhões de litros por ano, onde grande parte é reutilizados para uso na manutenção do museu. É no telhado também que estão distribuídas 60 mil células fotovoltaicas para gerar energia e painéis solares para produção de água quente. As propriedades de isolamento térmico expostas anteriormente reduzem a utilização de ar condicionado. Foram escolhidas para fazer parte do telhado verde quatro tipos de plantas perenes e cinco flores silvestres anuais. Elas atraem grande variedade de vida nativa silvestre. Este tipo de obra tem custo inicial alto além de profissionais especializados no assunto, mais a durabilidade é longa e os benefícios principalmente sustentáveis são grandes.

**Figura 4 –** Telhado Verde da Academia de Ciências da Califórnia



Griffith

Fonte: Tim  
(2012).

## 4 CONCLUSÃO

A engenharia civil por meio do estudo de novas tecnologias de materiais tem apresentado soluções alternativas na construção de edificações atendendo aos princípios de sustentabilidade. A observação e análise dos princípios de mecânica aplicados aos materiais utilizados em uma edificação real, como: vidro, claraboias e telhado verde, conforme analisado neste trabalho, são elementos importantes a serem considerados nas fases de planejamento, execução, manutenção e uso de novos espaços viabilizados por estudos realizados nas áreas de engenharia civil e arquitetura. Os resultados apresentados nesta pesquisa permitiram o delineamento de materiais alternativos e sustentáveis acoplados em estruturas de edificações de grande porte, no caso à Academia de Ciências da Califórnia.

Contudo, a busca de materiais e tecnologias de construção sustentáveis pode ser alcançadas por meio de novas pesquisas para o desenvolvimento de materiais para



construção civis ecologicamente corretos resistentes e economicamente viáveis. Neste contexto, esta pesquisa contribuiu para o entendimento e observação de elementos relevantes em uma construção de grande porte que utilizou soluções sustentáveis, não desconsiderando elementos importantes como a mecânica aplicada aos materiais da construção civil. A partir deste estudo é possível desenvolver trabalhos futuros como estudo da relação entre materiais sustentáveis na estrutura de edificações e soluções sustentáveis alternativas na construção civil.

## Referências

[1] KITCHENHAM, B. A.; DYBA, T.; JORGENSEN, M. (2004). Evidence-based Software Engineering. Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering (ICSE'04), Scotland

[2] PAIVA, Cida. Renzo Piano e Stantec Architecture: Academia de Ciências, Califórnia. Finestra, edição 68. 2017.

[3] SAINT GOBAIN GLASS. Disponível em: <[pt.saint-gobain-glass.com/b2b/default.asp?nav1=st&nav2=properties\\_functions&nav3=8198](http://pt.saint-gobain-glass.com/b2b/default.asp?nav1=st&nav2=properties_functions&nav3=8198)>. Acesso em: 20 mai. 2018.

[4] TIMGRIFFITH. Disponível em: <<https://www.timgriffith.com/>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

[5] DELAQUA VICTOR, Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br>> Acesso em : 20 de mai. 2018.