

311 Third Transformation, San Antonio, Texas, Lake|Flato,  
Imagem gentilmente cedida por Robert G. Gomez



# Guia do Arquiteto para Gestão do Carbono



# Guia do Arquiteto para Gestão do Carbono

Agradecemos você ter escolhido este guia. Produzimos este recurso para você, arquiteto e projetista que cria e modela o nosso ambiente construído.

Nossa intenção é apoiar você e seu trabalho e oferecer informações importantes para sua missão de projetar de forma sustentável com ferramentas tecnológicas disponíveis para sua empresa.

Abordaremos como analisar, logo no início do seu trabalho, o impacto de carbono gerado pelas construções, em um estágio em que ainda é mais fácil influenciar as decisões de projeto.

Veremos também como gerenciar de forma holística o carbono incorporado e operacional, desde o planejamento até o projeto detalhado e a documentação, nos fluxos de trabalho de arquitetura padrão, e ofereceremos algumas ideias sobre como a análise de carbono pode beneficiar seus negócios.



# Índice

|    |       |  |
|----|-------|--|
| 04 | ————— | Introdução   |
| 06 | ————— | Capítulo 1: A importância do rastreamento de carbono já nos passos iniciais do processo de projeto         |
| 09 | ————— | Capítulo 2: Cinco etapas para a incorporação de ferramentas de análise de carbono no seu fluxo de trabalho |
| 13 | ————— | Capítulo 3: Incorporar a análise de carbono é um bom negócio para suas práticas de arquitetura             |
| 17 | ————— | Capítulo 4: O papel das ferramentas de análise de carbono no processo do projeto: como a Autodesk ajuda    |
| 22 | ————— | Conclusão: O arquiteto capacitado em um futuro sustentável   |





# Introdução

Como arquiteto, você é o projetista do nosso ambiente construído. Seus conhecimentos e habilidades criam novas formas e modernizam nossos espaços de moradia, trabalho e diversão, e esse trabalho gera oportunidades para a redução dos impactos das emissões de carbono sobre as mudanças climáticas.

As regulamentações e políticas de energia zero dos governos aumentam a cada dia e estão tornando a sustentabilidade um requisito dos projetos. Um exemplo desse fato é a estrutura regulamentar EU Energy Performance of Buildings Directive. Ao lado de normas e padrões cada vez mais rígidos, está em alta o comprometimento com o relato de dados ambientais (AIA 2030 Commitment) e com programas voluntários de cumprimento de certificações ambiental, como LEED, BREEAM, DGNB, Casa Passiva, Zero Energy Certification, Living Building Challenge e outros.

Não surpreende que tenhamos “chegado a um ponto de inflexão”, no qual a demanda do mercado por materiais de construção com baixo carbono esteja em alta. Projetar de acordo com critérios de sustentabilidade é bom para o meio ambiente, para as pessoas e para os negócios da sua empresa.

Embora a mitigação de carbono seja uma prioridade crescente no projeto de construções e nas práticas de construção verde, historicamente tem sido desafiador estimar ou quantificar a emissão de carbono de uma construção, calculando com precisão métricas-chave como carbono incorporado ou consumo de energia previsto.



Felizmente, a avaliação de carbono nos estágios iniciais do projeto agora está mais acessível. Análises integradas, APIs avançadas e habilitadas para plataformas, além de ferramentas alimentadas por IA, viabilizam comentários sobre os projetos em tempo real e conectando dados com painéis intuitivos em tecnologias de criação de projetos.

Com essas ferramentas, você pode analisar as condições ambientais do local, quantificar os materiais de construção e medir o carbono operacional incorporado e previsto de um projeto, diretamente integrado aos fluxos de trabalho BIM. Além disso, o uso de IA em avaliações precoces pode ajudar a acelerar esse fluxo de trabalho, por exemplo, agregando dezenas de fontes e tipos de dados e fornecendo informações mais consistentes e orientadas por dados.

Fluxos de trabalho aprimorados e dados conectados permitem avaliar e equilibrar compensações entre as decisões de projeto, inclusive em questões-chave como os melhores layouts de espaço e previsões de projeto ou operacionais, como carbono incorporado, eficiência energética e compensações de sistemas de energia renovável.

Porque sustentabilidade não é só uma questão de carbono, mas de equilíbrio bem-sucedido entre todos esses critérios multidimensionais de projeto com o objetivo de cumprir as metas de trabalho.

“ Os maiores ganhos climáticos acontecem precocemente no processo de desenvolvimento do projeto, quando os dados são escassos, mas o conjunto de soluções é vasto.”

– Brad Jacobson, FAIA, Diretor da EHDD



## Capítulo 1

A importância de se definir uma base de referência de carbono já nos passos iniciais do processo de projeto



Sua equipe de projeto pode causar grande impacto ao integrar avaliações de carbono logo nos estágios iniciais de seus trabalhos e da conceituação para definir uma base de referência e uma meta de projeto para redução das emissões de carbono.

Começando cedo, você pode "dar o primeiro passo", ou seja, ter uma base de referência de carbono que oriente suas ações de medição e gestão dos seus impactos em todo o projeto. Quanto mais você avançar sem uma avaliação inicial, menos contexto terá para entender quais decisões de projeto têm impactos sobre o carbono.

Estabelecida essa base de referência, a gestão do carbono e a medição dos seus esforços de redução de carbono em relação à sua base podem ser implementadas em todo o ciclo de vida de um projeto de construção ou de reforma. A medição das emissões totais de carbono de um projeto de construção requer uma análise diferenciada de cadeias de suprimentos, materiais, desempenho operacional e vários outros componentes. Devido a essa complexidade, é possível que você encarregue profissionais especializados, com conjuntos de ferramentas próprias, de fornecer essas análises.

Muitas delas, inclusive as avaliações de carbono, não são integradas aos fluxos de trabalho BIM regulares e tendem a ocorrer mais tarde no processo de projeto. Nesse momento, o papel do especialista é verificar métricas e sugerir mudanças onde ainda for possível. No entanto, se o projeto não tiver sido otimizado,

desde o início, com foco nas emissões de carbono, as opções incrementais a considerar e implementar ficam mais escassas e são menos impactantes. Além disso, alterações feitas em estágios posteriores costumam mais caro.

No entanto, se você projetar para obter resultados mais sustentáveis desde o início do processo e se esforçar para estabelecer bases de referência e metas de redução de carbono, poderá abrir oportunidades maiores e mais impactantes para a redução de emissões de carbono (demonstrando autoridade em qualidade, desempenho e sustentabilidade).

Tendo em mente os objetivos e as referências das certificações, você pode trabalhar para cumprir esses requisitos testando e otimizando desde o primeiro momento do projeto. E também poderá analisar o papel e o impacto de todas as suas opções, ou seja, forma de construção, sistemas estruturais, materiais de envoltório e fachada, e acabamento interno. Informações e dados claros entregues pelas ferramentas de análise incorporadas ao fluxo de trabalho de arquitetura podem facilitar decisões mais inteligentes e fundamentadas já na fase de projeto conceitual.

Seja qual for o resultado desejado, é essencial trabalhar para entender satisfatoriamente as opções de projeto e seu impacto em um ponto no qual elas ainda possam ser otimizadas.

# 65%

das emissões totais de carbono de um projeto são determinados até o final do projeto conceitual<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Hakkinen, T., Kuittinen, M., Ruuska, A., & Jung, N. (21 de julho de 2015). Reducing embodied carbon during the design process of buildings





### Carbono incorporado e operacional

#### O que é o "carbono incorporado"?

A expressão “carbono incorporado” refere-se às emissões de gases de efeito estufa (GHGs, greenhouse gases) geradas por ações de extração, fabricação, transporte, instalação, manutenção e descarte de materiais de construção.

Essas emissões iniciais contribuem com cerca de 13% das emissões globais anuais desses gases e são chamadas de "carbono incorporado" porque os impactos ambientais associados às atividades de construção param de evoluir ao final da construção da estrutura, antes mesmo que ela seja ocupada ou usada.

#### O que é "carbono operacional"?

As emissões de carbono são geradas pela queima de combustíveis fósseis para a obtenção de energia e liberadas durante a fase operacional de uma construção, ou seja, durante suas operações normais, até ela não estar mais em uso.

Essas emissões, chamadas de carbono operacional, são o subproduto do consumo de todas as fontes de energia operacional usadas para manter nossas construções aquecidas, resfriadas, ventiladas, iluminadas e energizadas, e contribuem com cerca de 28% das emissões globais de gases de efeito estufa.





## Capítulo 2

Cinco passos para a incorporação de ferramentas de análise de carbono no seu fluxo de trabalho

Vimos como a decisão de iniciar a análise de carbono, com uma visão holística do carbono incorporado e operacional, no estágio conceitual, permite que você defina inicialmente uma base de referência para melhor avaliar e gerenciar as compensações em termos de projeto e sustentabilidade.

Mas como começar a integrar a análise de carbono no seu fluxo de trabalho de projeto e planejamento? E como começar a entender e estimar os impactos do carbono?

Aqui estão cinco etapas iniciais:

# 1

## Comece analisando o local, para otimizar estratégias de projeto passivo

Levar em conta fatores ambientais, como clima, construções no entorno e contexto local desde o início do projeto, é a base das decisões de projeto sustentável. Com um software em nuvem fácil de usar, como o Autodesk Forma, você pode acessar uma ampla variedade de dados que ajudam a otimizar seus projetos em termos de condições microclimáticas, eólicas e solares em tempo real, durante o trabalho. Assim você pode decidir melhor e implementar essas decisões mais precocemente, além de reduzir a dependência de conjuntos de ferramentas desconectados e incompatíveis.

# 2

## Iterar com diferentes estratégias de projeto

Ferramentas baseadas em nuvem como o Autodesk Forma e o Insight, que usam APIs avançadas, permitem avaliar e analisar a forma, os espaços, materiais e sistemas da construção em nível conceitual e prosseguir durante todo o processo. Além dos critérios programáticos, você pode iterar com diferentes materiais, estruturas, áreas de piso, tamanhos de janelas e outras variáveis para observar seu efeito sobre os impactos de carbono.

Essa avaliação permite explorar os impactos e vantagens de diferentes opções de projeto, nessa busca por menores emissões de carbono do projeto em harmonia com todas as outras metas funcionais e práticas.



# 3

## Opções de projetos de referência em relação às metas do projeto

Se você busca atingir metas e resultados específicos, use a análise de carbono para testar diferentes estratégias de projeto em relação a esses objetivos.

Quer você tenha um objetivo geral de redução do carbono incorporado ou metas mais específicas sobre intensidade de uso de energia ou geração solar fotovoltaica, referências de estratégias de projeto nos estágios iniciais ajudam a atingi-las com eficiência e custo ideais.



# 4

## Acompanhe enquanto projeta

Programas de certificação como LEED, BREEAM e DGNB premiam projetos que incorporam análises ambientais precoces de projetos que visam otimizar estratégias de projeto para construções com bom desempenho, eficazes e saudáveis. Esse processo começa com as três etapas já descritas. Seja beneficiando de forma sustentável uma área industrial abandonada ou entendendo o impacto de materiais e sistemas em um projeto “greenfield”, os resultados mais sustentáveis começam no projeto conceitual. Iniciar a análise de sustentabilidade precocemente, acompanhar seu andamento ao longo do projeto e também seu desempenho em relação às metas maximiza as chances de sucesso no cumprimento das metas e certificações do projeto.

# 5

## Aproveite ecossistemas de terceiros na fase de projeto detalhado

As ferramentas Autodesk oferecem um começo único e inigualável no rastreamento do uso de carbono em um projeto com vistas a resultados mais sustentáveis. Mas, às vezes, você precisará de ferramentas especializadas para restringir e concentrar seu foco de análise de carbono.

Há várias soluções de terceiros que ajudam a ampliar essa análise. Seu foco pode ser o cumprimento de padrões e normas ou requisitos locais específicos, ou mesmo a oferta de acesso a fontes de dados locais exatos. Ferramentas como [tallyCAT](#) (análise de carbono incorporado em materiais), [One Click LCA](#) e [tally LCA](#) (ferramentas de cálculo para avaliação de ciclo de vida) são extensões da plataforma Autodesk e podem ser

usadas para habilitar requisitos de análise e geração de relatórios detalhados.

Você pode usar o Autodesk Platform Services (APS) para criar ferramentas, painéis e fluxos de trabalho personalizados que acessam dados de projeto para realizar análises de carbono. Pode também migrar a análise para a nuvem, em que os recursos podem ser dimensionados e os trabalhos são executados mais rapidamente.

As empresas estão usando o APS para trazer dados sobre carbono incorporado e desempenho para o Forma, o BIM 360 e o Revit. Pode ver cálculos de sustentabilidade iniciais e de longo prazo sobre materiais de construção,

vidraças e sistemas mecânicos à medida que projeta.

Além disso, há milhares de aplicativos prontos para execução no [Autodesk App Marketplace](#). Parceiros com certificação APS, inclusive Sustainability Tech Partners, podem criar soluções personalizadas.



### Capítulo 3

Incorporar a análise de carbono é um bom negócio para as práticas de arquitetura



O gerenciamento de carbono ajuda você a projetar com foco na redução do impacto ambiental dos seus projetos, contribuindo para o cumprimento de metas climáticas globais.

Mas investir em análise de carbono também é bom para os negócios da sua empresa. Em primeiro lugar, quer estejamos falando de projetos comerciais ou com recursos públicos, a exigência de projetos sustentáveis é cada vez maior. Além disso, você pode monetizar seus conhecimentos e seu diferencial prestando serviços com valor agregado, e também atrair a próxima geração de talentos para sua empresa.

Estas são quatro formas específicas de uso da sua experiência na área de carbono para construir seus negócios.

# 1

## Venda mais serviços em todo o ciclo de vida do projeto

Ser capaz de conduzir avaliações de sustentabilidade como a análise de carbono em todo um ciclo de vida de projeto e renovação amplia sua influência, o impacto do seu projeto e sua capacidade de vender serviços de sustentabilidade com valor agregado. Estabelecer bases de referência e recomendar uma ou mais metas de sustentabilidade pode influenciar positivamente a direção do projeto. Isso pode incluir aconselhamento direcional sobre iterações de projeto intencionais, como uma análise geral das escolhas entre estratégias de sistemas mecânicos e de arquitetura ou a projeção da economia de custos operacionais da construção pela comparação de diferentes tipos de sistemas de barreira.

# 2

## Diferencie sua empresa como líder em práticas recomendadas

A adaptação dos fluxos de trabalho existentes/atuais para que incluam a análise de carbono pode afetar significativamente os resultados do projeto. E esse conhecimento pode ajudar a diferenciar sua empresa das demais.

Desenvolvendo liderança na aplicação de fluxos de trabalho de análise para gerar resultados sustentáveis no projeto arquitetônico e de construção, você pode melhorar ainda mais sua reputação no mercado através do sucesso demonstrável na área de sustentabilidade.



# 3

Torne-se especialista em análise de desempenho para requisitos de certificação

O uso de ferramentas de análise de carbono para entregar resultados que cumpram os requisitos de certificação expande sua oferta para clientes que busquem certificações visando aprimorar o desempenho da sua construção.

# 4

A análise de carbono aproxima você dos proprietários, operadores e clientes

Sua compreensão e sua capacidade de otimização com foco no carbono operacional em longo prazo de um projeto de construção são informações valiosas para qualquer proprietário, operador ou cliente que pretenda cumprir critérios específicos de desempenho da construção e se qualificar para opções de financiamento favoráveis (que podem estar disponíveis, por exemplo, em projetos com altas pontuações LEED ou BREEAM). Sua capacidade de reduzir custos operacionais pode aumentar a competitividade de quaisquer propostas criadas por você e ajudar na construção de benefícios mútuos em relacionamentos de longo prazo.





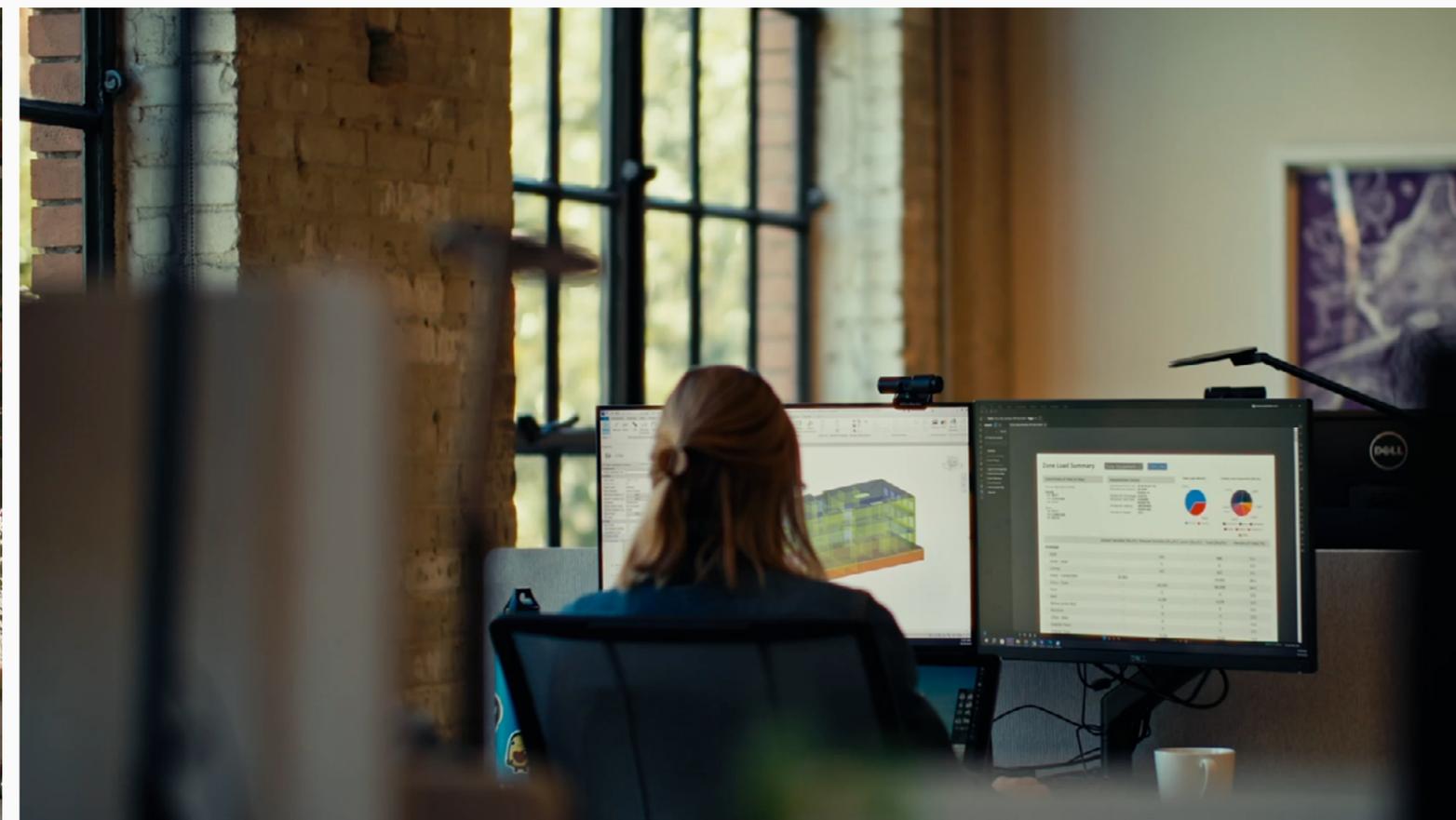
Como um escritório de arquitetura transformou uma antiga agência de automóveis, de 100 anos, em um modelo de projeto sustentável.

[Ler o artigo \(inglês\) >](#)



#### Capítulo 4

O papel das ferramentas de análise de carbono no processo de projeto: como a Autodesk ajuda



Analizamos em detalhes a forma como as ferramentas de gestão do carbono permitem quantificar, analisar e minimizar a emissão de carbono dos projetos de construção. Mas quais ferramentas? E quando você deve usá-las nesse processo?

O processo de cálculo do carbono incorporado requer um volume significativo de dados sobre materiais e transparência que abrangem mineração, refino, fabricação, logística e descarte. Calcular o carbono operacional significa determinar fontes de energia e, em seguida, o uso dessa energia em aquecimento, resfriamento, iluminação, eletrodomésticos e equipamentos. Essas informações podem ser totalizadas e convertidas em CO2 equivalente, projetado em toda a vida útil da construção.

O setor está padronizando esse processo complexo por meio da implementação de EPDs (Environmental Product Declarations, Declarações de Produtos Ambientais). As EPDs fornecem dados ambientais rigorosamente testados com base em uma avaliação do ciclo de vida verificada de forma independente.

A Autodesk investiu em soluções de desenvolvimento e suporte, e também em integrações que utilizam dados de materiais EPD para equipar você com os dados e as informações necessárias para tomadas de decisão bem informadas, capazes de reduzir o carbono incorporado dos seus projetos de construção.

Em cada estágio do processo de projeto, as ferramentas e plug-ins Autodesk podem estender os recursos de análise de carbono para os seus fluxos de trabalho de projeto conceitual e BIM padrão. Assim, você pode gerenciar o processo de sustentabilidade desde o projeto até a documentação sem um conjunto de ferramentas complexo e desconectado.

## Análise do carbono incorporado no Autodesk Forma

O Autodesk Forma é um software em nuvem que oferece ferramentas avançadas, mas fáceis de usar, alimentadas por IA para seu projeto conceitual.

O Autodesk Forma permite configurar rapidamente um local com dados contextuais do mundo real e modelar projetos 3D complexos em minutos. Mesmo sem conhecimentos específicos, você pode iterar em projetos para considerar fatores como luz natural, vento, ruído, microclima e carbono incorporado. Pode explorar uma infinidade de conceitos e avaliar seu desempenho, sua sustentabilidade e suas qualidades para otimizar seu trabalho visando aos melhores resultados, tudo enquanto projeta.

Com a Análise do Carbono Incorporado no Forma, desenvolvida em cooperação com o escritório de arquitetura EHDD, você pode entender melhor os impactos de carbono das suas escolhas de materiais primários e da sua forma de construção durante os estudos de viabilidade de local, e de massa no início de um processo de planejamento de projeto. Pode também avaliar a adequação do material e entender rapidamente a influência das suas decisões de projeto sobre as emissões de carbono associadas.

O planejamento conceitual precoce tem a maior oportunidade de impacto e, ao mesmo tempo, é o ponto no qual as mudanças de projeto têm o menor risco de custo.

Com o Autodesk Forma, você pode iniciar a conversa sobre as emissões de carbono do seu projeto precocemente, seja com seus clientes ou com as partes internas interessadas. Para continuar seu processo de projeto detalhado, você pode transmitir dados continuamente entre aplicativos de análise no Forma e no Revit. Assim, você pode começar a avaliação da fase inicial do carbono incorporado no Forma, seguida por uma avaliação mais integrada do carbono total no Insight durante a fase de projeto detalhado.



A maior oportunidade para que a tecnologia gerencie nossa emissão de carbono é ter ferramentas como o Forma, que nos permitam analisar nossos projetos em tempo real, enquanto os criamos. Realmente, poder ter acesso a essas informações à medida que estamos trabalhando no projeto é o que nos permitirá atingir as metas necessárias para reduzir o impacto de carbono do ambiente construído.

– Mike DeOrsey, Diretor,  
Gerente de prática digital, Stantec

[Ver mais >](#)





## Visualize o carbono incorporado e operacional no Autodesk Insight

Ideal para projetos de novas construções e também de modernização, reutilização e reforma, a próxima geração do [Autodesk Insight](#) permite visualizar os principais indicadores de sustentabilidade e o desempenho energético projetado, com comentários sobre causa e efeito em tempo real para guiar você rumo a melhores resultados.

A próxima geração do Autodesk Insight é um serviço em nuvem que se integra ao Revit para oferecer painéis flexíveis, uma interface intuitiva e uma abordagem simples de análise que facilita a exploração, visualização e a comparação de resultados de análise de carbono.

O Insight usa o Modelo Analítico de Energia do Revit como ponto de partida para análises operacionais (OC) e de carbono incorporado (EC). Aberto e extensível, o Insight ajuda você a medir, visualizar e comparar os efeitos inter-relacionados de sistemas integrados de construção, inclusive forma e orientação da construção, projeto de barreiras, cargas internas, sistemas AVAC, tipos e quantidades de materiais, compensações de energia renovável, custos de energia e muitos outros.

O Insight ajuda você a quantificar e visualizar dados operacionais e de carbono incorporado armazenados no modelo analítico de energia do Revit. Ele pode agregar e visualizar dados do Revit sobre o desempenho das barreiras de construção, especificações de material e muito mais, para mostrar a interação entre impactos de carbono e compensações de energia, entre outros fatores.

[Ver mais >](#)



## Explore integrações com terceiros visando à sustentabilidade

Calculadora de Carbono Incorporado na Construção (EC3): Uma ferramenta gratuita, de código aberto, que analisa materiais e fornecedores disponíveis para ajudar você a reduzir o carbono incorporado. Ela permite comparações nas categorias, e a base de dados vem exclusivamente de Declarações de Produtos Ambientais (EPDs, Environmental Product Declarations) para produtos e materiais específicos. A Autodesk tem sido um dos principais patrocinadores da EC3, fornecendo fácil acesso aos nossos clientes por meio da integração com nossos softwares de projeto e construção, inclusive o Takeoff do Autodesk Construction Cloud.

tallyCAT: o Tally Climate Action Tool permite a conexão de dados sobre carbono incorporado em tempo real entre um modelo do Revit e a ferramenta EC3, fornecendo toda a funcionalidade do EC3 sem sair do Revit.

Essa ferramenta gratuita pode fazer anotações em modelos e componentes do Revit para reutilização e salvar bibliotecas de materiais e montagens para uso futuro.

tallyLCA: com o tallyLCA, você pode comparar avaliações de Ciclo de Vida de categorias e sistemas (LCAs, Life Cycle Assessments - análises dos impactos ambientais potenciais de produtos ou serviços durante todo o ciclo de vida) e comparações de opções de projeto diretamente em um modelo do Revit. Pode também criar LCA sem produtos especificados e comparar as opções de projeto do sistema.

One Click LCA – O One Click LCA permite exportar dados de modelos do Revit e conduzir LCAs para cálculos de carbono durante todo o ciclo de vida, facilmente. Essa ferramenta (que requer uma licença paga separadamente) conecta dados de BIM a dados de carbono incorporado de bancos de dados em todo o mundo.

O One Click LCA agora se conecta ao Autodesk Platform Services. Isso lhe permite obter automaticamente avaliações de carbono e do ciclo de vida e EPDs com Modelos de nuvem Autodesk sem precisar acessar o Revit.





“ A motivação para a sustentabilidade remete ao nosso propósito: dar vida às ideias, deixando um legado e tornando melhores as comunidades em que vivemos”.

– David Mackenzie, Diretor Administrativo da Área Digital, Aurecon

“ Os arquitetos são cruciais no combate às mudanças climáticas... Os arquitetos podem reduzir significativamente a poluição por carbono integrando projetos inovadores, educação, políticas de apoio e pesquisa.”

– Dan Stine, Diretor de Tecnologia, Lake Flato

# Conclusão: O arquiteto capacitado em um futuro sustentável

O ambiente construído responde por quase 40% das emissões de carbono. E quem o imagina e cria é você. Então, inevitavelmente, seu papel, buscando reduzir as emissões na criação de um futuro sustentável, é insubstituível.

A Autodesk se empenha em apoiar e ampliar suas habilidades e visão exclusivas com ferramentas que tornam seu trabalho mais fácil, produtivo e sustentável, e oferecem respostas que você pode usar e implementar, seja em apresentações para seus clientes ou em informações de projeto para sua equipe.

Com as informações que você vai obter usando ferramentas de análise de carbono, seu impacto sobre a redução de emissões para um mundo construído mais sustentável poderá ser ainda maior.

Gostaria de saber mais sobre ferramentas para a gestão total de carbono?

[Encontre soluções para arquitetos >](#)

