

Integração do desenvolvimento sustentável ao PlanHab

Draft para a discussão

Vanderley M. John
Escola Politécnica da USP

Sumário

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Introdução | 2 |
| 2 | Sobre sustentabilidade | 2 |
| 2.1 | Sustentabilidade ambiental | 3 |
| 2.1.1 | O ciclo de vida das construções e o meio ambiente | 3 |
| 2.1.2 | Mitigação das mudanças climáticas | 4 |
| 2.1.3 | Adaptação às mudanças inevitáveis | 5 |
| 2.1.4 | Outros impactos ambientais | 7 |
| 2.2 | A dimensão socioeconômica | 8 |
| 3 | Integrando a sustentabilidade no PlanHab | 10 |
| 3.1 | Prescrição de soluções “sustentáveis” | 10 |
| 3.2 | Estabelecimento de metas de desempenho socioambiental | 11 |
| 3.2.1 | Critérios para seleção de indicadores de desempenho ambiental | 11 |
| 3.2.2 | Estabelecendo metas | 12 |
| 3.2.3 | Indicadores de desempenho ambiental | 12 |
| 3.2.4 | Indicadores de socioeconômicos | 14 |
| 4 | Estratégia de implantação | 14 |
| 4.1 | Estabelecimento de agenda prioritária da sustentabilidade | 15 |
| 4.2 | Diagnóstico: programa de produção de evidências | 15 |
| 4.3 | Estabelecimento de “Roadmap” e metas temporais | 15 |
| 4.4 | Implantação, acompanhamento e divulgação | 15 |
| 4.5 | Suporte a sustentabilidade | 16 |
| 4.5.1 | Educação para a construção sustentável | 16 |
| 4.5.2 | Incentivo a inovação sustentável na construção | 16 |
| 5 | Referências | 16 |

1 Introdução

Este texto foi produzido para auxiliar a discussão de introdução do desenvolvimento sustentável como um dos Eixos do PlanHab 2040. Foi produzido em curto espaço de tempo, seguindo princípios gerais discutidos com a coordenação do projeto e aplicando conhecimentos científicos imediatamente disponíveis orientados por dois documentos fundamentais: o relatório “Recomendações Dos Aspectos De Sustentabilidade Relevantes Para Cada Um Dos Cinco Objetivos Temáticos Do PlanHab 2040” [1] e de texto “Sustentabilidade na produção da habitação de interesse social” produzido em 2015 [2] para a Rio +20 para a ONU Habitat e órgãos do estado brasileiro. Adicionalmente foram introduzidas complementações que refletem avanços recentes no conhecimento considerados fundamentais, particularmente do projeto SIDAC – Sistema de Informações do Desempenho Ambiental da Construção¹, que está sendo executado pelo CBCS a pedido de órgãos do governo brasileiro, que resultará em um sistema de métrica de desempenho ambiental da construção, tema central na sustentabilidade. A consulta a estes e outros documentos, particularmente daqueles contidos nas referências bibliográficas, é recomendável.

Portanto, o objetivo é apresentar um conjunto mais ou menos coerente de ideias para provocar um debate embasado da Comunidade PlanHab. Não apresenta, portanto, conclusões definitivas. Sugestões e críticas são bem-vindas e certamente necessárias.

2 Sobre sustentabilidade

O desafio de uma sociedade sustentável é desenvolver modelos **economicamente competitivos** capazes de reduzir a exclusão social e simultaneamente reduzir os impactos ambientais, que já afetam o dia a dia de pessoas e empresas (Figura 1).

Esta não é uma tarefa fácil ou de curto prazo. Ela demanda fomentar a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação (P,D&I), de forma a gerar novas soluções para todos os produtos da construção, dos materiais aos edifícios passando pela infraestrutura. Mas este desafio embute imensas oportunidades e irá redefinir a competitividade futura de países, empresas e pessoas.

¹ <https://sidac.cbcs.org.br>



1
2 *Figura 1 – Desenvolvimento sustentável significa que muitas soluções economicamente viáveis hoje estabelecidas precisam ser*
3 *melhoradas ou substituídas. Ele implica em um grande desafio e em imensas oportunidades.*

4 **2.1 Sustentabilidade ambiental**

5 **2.1.1 O ciclo de vida das construções e o meio ambiente**

6 Toda atividade de produção e consumo implica múltiplos impactos ao meio ambiente: estamos sempre
7 transformando o ambiente natural em ambiente construído. Estes impactos se estendem por todas as fases
8 do ciclo de vida da construção, da extração das matérias-primas até o fim da vida útil das edificações,
9 passando pelas etapas de construção e uso.

10 A agenda de problemas ambientais é extensa (**Error! Reference source not found.**) e o resultado das
11 interações entre as atividades dos humanos e suas máquinas e o ambiente natural é um tema
12 excessivamente complexo. Alguns impactos são locais enquanto outros tem consequências globais mais
13 graves, como é o caso da mudança climática.

14 Os últimos anos têm sido marcados por um crescimento na frequência e intensidade de eventos climáticos
15 extremos. Exemplos incluem: temperaturas recordes, elevadas o suficiente para causar mortes, como no
16 Pantanal, na Costa Oeste dos EUA e Canada em 2021²; secas prolongadas com elevação de temperatura
17 que levam a incêndios florestais catastróficos, que cercam cidades – como na Paradise, California³ - e à
18 falta de água para abastecimento público, como a enfrentada por São Paulo e Cape Town; chuvas de
19 grande intensidade, causando enchentes urbanas que destroem cidades que sobreviviam desde a idade
20 média, como Blessem, Erftstadt (Alemanha) em Julho de 2021⁴ e deslizamentos de encostas como
21 Petrópolis e Franco da Rocha; tempestades com velocidades de vento muito acima do esperado, como em
22 Santa Catarina em 2020⁵, no Paraná⁶ e São Paulo⁷ em 2021; tempestades de “areia”, resultado de secas,

² Al Jazeera **Mapping the hottest temperatures around the world** <https://www.aljazeera.com/news/2021/7/1/interactive-mapping-hottest-temperatures-around-world>

³ Vogue **Why California's Wildfires Are Getting** <https://www.teenvogue.com/story/california-wildfires-why-happening>

⁴ Courtney Tenz **'It's all wrecked': German town stunned by flood damage. The Guardian** Fri 16 Jul 2021 19.20 BST
<https://www.theguardian.com/world/2021/jul/16/all-wrecked-german-town-stunned-flood-damage>

⁵ G1 Globo **'Ciclone bomba': sobe para 10 o número de mortes no Sul do país; 360 mil imóveis estão sem energia em SC** |
<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2020/07/01/ciclone-bomba-mortes-sao-registradas-em-santa-catarina.ghtml>

1 ventos e ocupação do solo, que foram frequentes em São Paulo em 2021⁸. Estes são efeitos perceptíveis do
2 aparentemente pequeno aumento da temperatura média do planeta (atualmente 1,2°C), que já
3 desequilibrou a circulação atmosférica e vem aumentando progressivamente **os riscos** de catástrofes,
4 conforme fartamente documentado pela ciência e sistematizado pelo IPCC [3]. O aquecimento global
5 resulta do aumento da concentração atmosférica dos gases do efeito estufa, que cresceu
6 exponencialmente a partir da revolução industrial e atinge atualmente níveis não registrados nas últimas
7 centenas de milhares de anos. O principal gás de efeito estufa é o CO₂ , produzido na geração de energia
8 usando combustíveis derivados de petróleo, gás natural, carvão mineral ou biomassa nativa, pois a queima
9 destes transforma o carbono sólido fixado na superfície terrestre, em um gás. A decomposição térmica do
10 calcário (CaO.CO₂), essencial para a produção de cimento, cal e aço, é outra fonte importante de CO₂.
11 Assim, a cadeia de valor da construção civil, particularmente a produção e o transporte de materiais, bem
12 como o uso e a operação dos edifícios, emite 38% do CO₂ global. Sem dúvidas, limitar o aquecimento global
13 é o problema ambiental mais importante a ser resolvido na atualidade.

14 Neste cenário, as **emissões de CO₂ serão precificadas pela sociedade**, o que afetará o custo de produtos e
15 energia, influenciando diretamente **a competitividade das tecnologias de construção atual**. A tecnologia
16 de captura de carbono, que é custosa, intensiva em energia e arriscada, é hoje considerada inevitável em
17 alguns processos industriais[4–6]: quanto maior a pegada de CO₂ maior será o custo da tecnologia. A
18 Comunidade Europeia e o Congresso Norte Americano discutem taxar o CO₂ das importações, afetando as
19 exportações de países como o Brasil, que serão forçados a adotar políticas de mitigação[7] para
20 permanecer no mercado internacional. O mercado financeiro começa a desenvolver ferramentas para
21 premiar menor risco de investimentos de baixo carbono, oferecendo taxas menores⁹. Atualmente, até o
22 Fundo Monetário Internacional[8] defende a adoção de impostos de carbono, que já são praticados em
23 alguns países, inclusive em desenvolvimento, como a África do Sul[9]. A precificação das emissões de CO₂
24 ajudará a viabilizar e dar escala às tecnologias inovadoras de baixo carbono emergentes, que definirão os
25 países ricos do futuro.

26 2.1.2 Mitigação das mudanças climáticas

27 Se a produção – de materiais, energia e edifícios - e consumo não forem modificados para reduzir as
28 emissões de CO₂, a terra poderá aquecer até 3°C, cenário no qual o The Economist considera que **“ninguém
29 no planeta estará seguro”** [10]: a frequência e a gravidade dos eventos extremos irá trazer riscos
30 crescentes à infraestrutura, logística, agricultura, abastecimento de água e geração de energia, podendo

⁶ Folha de São Paulo No Paraná, tempestades com vento de até 100 km/h danificam quase mil casas - 24/10/2021 - Cotidiano - <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2021/10/no-parana-tempestades-com-vento-de-ate-100-kmh-danificam-quase-mil-casas.shtml>

⁷ G1 Globo Temporal em Pirassununga: fenômeno microexplosão atingiu município, diz meteorologista | São Carlos e Araraquara <https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2021/10/11/temporal-em-pirassununga-phenomeno-microexplosao-atingiu-municipio-diz-meteorologista.ghtml>

⁸ VEJA Tempestade de areia assusta moradores do interior de São Paulo. 26 set 2021, 22h43 <https://veja.abril.com.br/brasil/tempestade-de-areia-assusta-moradores-do-interior-de-sao-paulo/>

⁹ Climate Bonds Initiative <https://www.climatebonds.net/>

1 induzir, até mesmo, crises financeiras e sociais [11]. É preciso começar **agir imediatamente para reduzir as**
2 **emissões de gases do efeito estufa.**

3 As metas de baixo carbono e até carbono zero de empresas e setores [4,12] mostram que existe
4 mobilização por parte das empresas. Entretanto, atingir essas metas não é simples, uma vez que “carbono
5 zero” pressupõe que não haja consumo de nenhum combustível fóssil, assim como nenhuma fonte de CO₂
6 químico, em todas as atividades necessárias para a produção de um determinado produto.

7 Atualmente, parte da energia elétrica brasileira é proveniente de fontes fósseis; praticamente todo o
8 transporte de cargas depende de combustíveis fósseis; e alguns materiais de construção amplamente
9 utilizados têm emissão de CO₂ químico, como é o caso do cimento. Sendo assim, para que as metas de
10 carbono zero sejam realmente atingidas, serão necessários investimentos substanciais em P,D&I para gerar
11 uma nova classe de soluções construtivas alinhadas com as necessidades de mitigação. Políticas coerentes
12 e de médio prazo são necessárias, bem como um monitoramento contínuo dos resultados da
13 implementação dessas políticas e correções de rota.

14 Existe uma quantidade razoável de informações sobre CO₂ dos materiais de construção minerais e
15 metálicos. O SIDAC – Sistema de informação do Desempenho Ambiental da Construção¹⁰, permitirá às
16 empresas realizar inventários de CO₂ padronizados, comparadas e verificáveis, bem como gerar declaração
17 de desempenho ambiental dos seus produtos.

18 2.1.3 Adaptação às mudanças inevitáveis

19 Ao mesmo tempo, o clima já está mudando e será necessário **adaptar o ambiente construído para o risco**
20 **crecente de eventos extremos**, que não foram considerados à época de projeto e construção.

- 21 a) **Risco de desabastecimento de água**, devido à maior frequência de períodos de seca prolongada,
22 com impacto tanto no abastecimento urbano de água, na agricultura e na geração de energia
23 elétrica;
- 24 b) **Aumento do nível do mar**, afetando comunidades ribeirinhas, com inundações e erosões e
25 provocando o aumento do nível do lençol freático e da salinidade da água.
- 26 c) **Aumento do risco de enchentes e alagamentos** em áreas densamente povoadas, devido à
27 possibilidade de aumento da taxa de ocorrências de chuvas intensas [13] e aumento do nível do
28 mar;
- 29 d) **Aumento do risco do escorregamento de taludes**, naturais ou artificiais [14], provocado pelas
30 chuvas intensas, agravadas pela ocupação de encostas;
- 31 e) **Redução da segurança estrutural das construções** devido ao aumento de cargas de vento [15],
32 cargas térmicas e acumulação de água durante precipitações intensas [16–18] e também variações
33 do lençol freático;

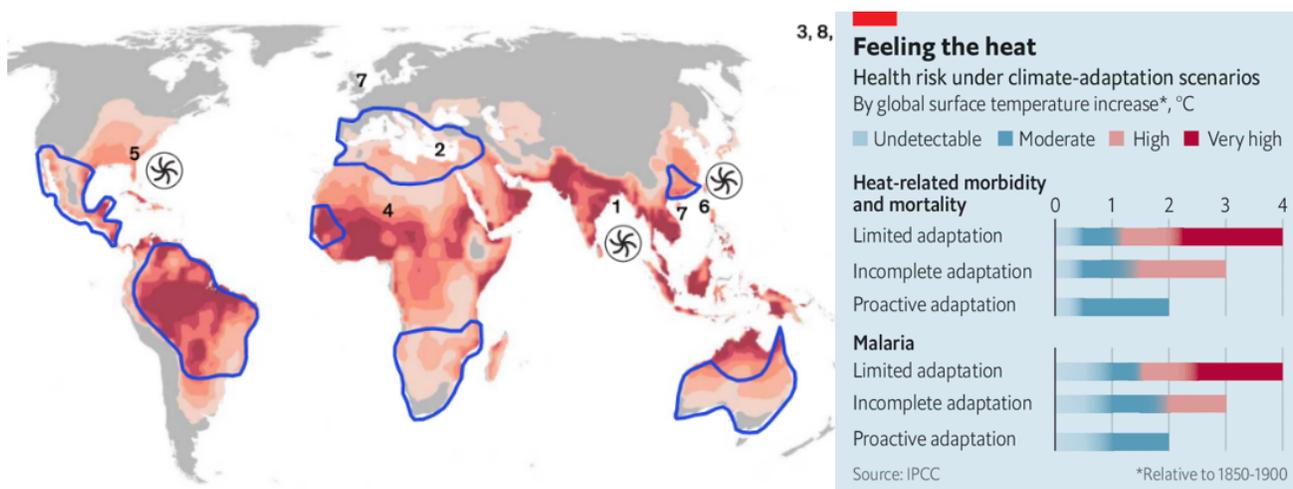
¹⁰ <https://sidac.cbcs.org.br>

- 1 f) **Ondas de calor com temperatura elevada**, causando mortes, agravando o desconforto dos
2 usuários, tendem a aumentar o consumo de energia dos edifícios [19] e até dificultar atividades ao
3 ar livre;
4 g) **Problemas de fundações** em edifícios e outras obras, associados às variações do nível do lençol
5 freático [20];
6 h) **Modificações na taxa de degradação de materiais de construção**, levando à falha precoce dos
7 produtos, uma vez que a elevação da temperatura implica aumento das taxas de degradação em
8 geral, incluindo a corrosão [21].

9 A frequência, gravidade e variedade de catástrofes será crescente e, sem adaptação, espera-se que causem
10 um número muito alto de mortes [22]. Toda a infraestrutura de geração de energia, transporte e
11 abastecimento de água, bem como os edifícios, serão submetidos a riscos crescentes, para os quais não
12 foram dimensionados. A combinação de seca, temperaturas altas e ventos fortes irão aumentar o risco de
13 incêndios de florestas, na agricultura e de edifícios, bem como de perigosas tempestades de poeira.

14 Falta ao Brasil um mapa detalhado de evolução de riscos, capaz de orientar a seleção de áreas mais
15 adequadas para novas construções e, também, para monitorar e planejar medidas de adaptação das já
16 construídas, bem como soluções baratas e robustas de monitoramento de risco, por exemplo, de encostas.
17 Um programa de pesquisa, desenvolvimento e inovação é necessário.

18 Será necessário reforçar enormemente a estrutura de Defesa Civil. É provável que áreas hoje habitadas se
19 tornem inabitáveis. Em todos os casos, substanciais recursos deverão ser alocados para a habitação de
20 interesse social.



21
22 *Figura 2 –Estudo da McKinsey [15] baseados nos últimos modelos climatológicos mostram risco crescente de secas (áreas*
23 *marcadas em azul) e ondas de calor extremo (escala de cinza-vermelho) afetando o trabalho em ambiente externo (esquerda);*
24 *(direita) Risco de mortalidade associada a aquecimento em função do grau de adaptação às mudanças climáticas, produto do*
25 *último estudo do IPCC [22]*

1 As tecnologias de baixo carbono são também oportunidades de ganhos de competitividade e dominam o
2 cenário da inovação, com startups investindo em tecnologias de baixo carbono¹¹, como por exemplo,
3 novos concretos de baixo carbono.

4 A mitigação das emissões e a adequação aos crescentes riscos associados às transformações já em curso,
5 demandam a gestão de (a) emissões de gases do efeito estufa, principalmente o CO₂; (b) energia; (c) água;
6 e (d) uso de recursos naturais e resíduos.

7 2.1.4 Outros impactos ambientais

8 Além de combater as mudanças climáticas, há outros impactos ambientais que requerem atenção,
9 conforme demonstra a abordagem clássica da ACV, resumida na Tabela 1.

10 Em um cenário de aquecimento global, muitas regiões, especialmente os grandes centros urbanos,
11 encontram-se com disponibilidade hídrica reduzida, que tendem a se agravar com as mudanças climáticas.
12 É essencial investir no uso eficiente da água, de modo a garantir o acesso a esse recurso a todos, por se
13 tratar de um direito universal. Apesar disso, os níveis de perdas de água nas redes de abastecimento
14 continuam muito altos. A baixa disponibilidade hídrica é agravada pelos altos níveis de poluição em
15 diversos corpos d'água, em especial próximo às cidades. Aumentar a cobertura e a eficiência do tratamento
16 de esgoto também é um objetivo a ser perseguido.

17 A geração de resíduos sólidos também é uma preocupação. A geração de resíduos de construção e
18 demolição (RCD) é importante a nível dos municípios. A quantidade de resíduos de RCD gerados equipara-
19 se à quantidade de resíduos sólidos urbanos. Esses resíduos requerem espaço para serem reciclados
20 adequadamente, reduzindo a demanda por recursos naturais.

21 A extração de recursos naturais e a construção tem significativo impacto no uso do solo e na destruição de
22 biomas. Ambos, no entanto, são pelo menos parcialmente controlada por regras de licenciamento
23 ambiental e regulamentos urbanos.

¹¹ Folha de São Paulo, Construtoras trocam concreto por madeira para erguer edifícios. 27 Agosto 2021
<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2021/08/empresas-trocam-concreto-por-madeira-para-erguer-edificios.shtml>

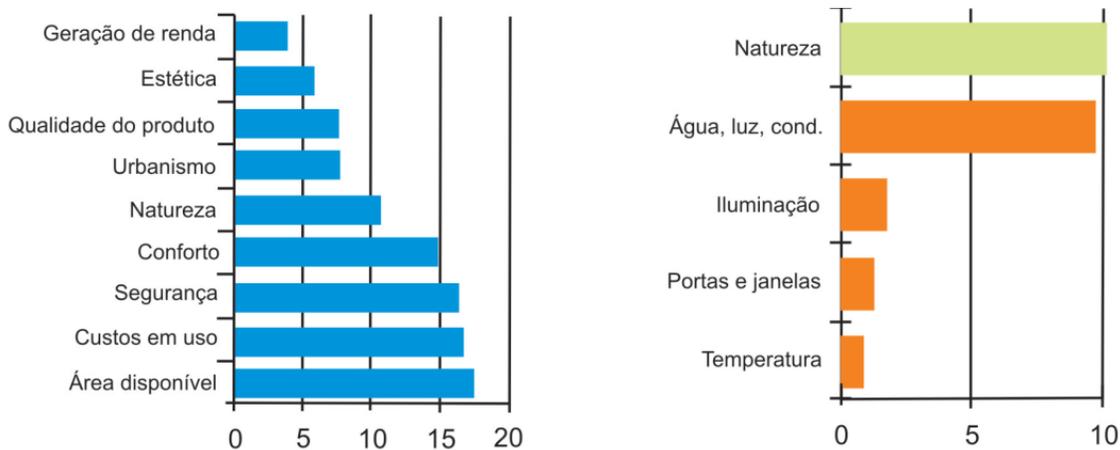
1 Tabela 1 – Principais impactos ambientais usuais no padrão Europeu de Avaliação do Ciclo de Vida de produtos da construção e
 2 suas unidades típicas de medida.

| Categorias de impactos ambientais | Unidades típicas |
|---------------------------------------|------------------------|
| Esgotamento dos recursos minerais | kg Sb eq. |
| Esgotamento dos recursos fósseis | MJ eq. |
| Potencial de aquecimento global | kg CO ₂ eq. |
| Esgotamento do ozônio | kg CFC-11 eq. |
| Criação de ozônio fotoquímico | kg NO _x eq. |
| Acidificação | mol H ⁺ eq. |
| Formação de material particulado fino | kg PM 2,5 eq. |
| Eutrofização terrestre | mol N eq. |
| Eutrofização de água doce | kg P eq. |
| Eutrofização marinha | kg N eq. |
| Toxicidade não cancerígena humana | CTUh |
| Toxicidade cancerígena humana | CTUh |
| Ecotoxicidade de água doce | CTUe |
| Radiação ionizante | kBq U-235 eq. |
| Uso da água | m ³ eq. |
| Uso da terra | m ² a eq. |

3
 4 **2.2 A dimensão socioeconômica**
 5 A avaliação das dimensões socioeconômicas não está tão madura quanto a ambiental. No entanto,
 6 mantendo-se a visão de ciclo de vida, pode ser abordada por, pelo menos, quatro vertentes: (a) do
 7 atendimento das demandas dos cidadãos de um ambiente construído com desempenho adequado, que
 8 esteja financeiramente acessível às diferentes faixas de renda; (b) do relacionamento entre os stakeholders
 9 da cadeia, desde os operários até o contato com a vizinhança dos canteiros; (c) práticas de governança e
 10 ética das construtoras e órgãos governamentais, em seus processos internos e de gestão de obras e
 11 contratos; (d) informalidade e adequadas condições de trabalho, fator crítico e predominante nos países
 12 em desenvolvimento.

13 Desde o ponto de vista do cidadão usuário, a qualidade do ambiente construído – produto da construção -
 14 afeta o bem-estar, a qualidade de vida, a saúde e a felicidade das pessoas, e faz parte dos indicadores
 15 importantes de bem-estar social [23,24]. No entanto, há carência de estudos e de referências de práticas
 16 que quantifiquem o impacto da qualidade da habitação sobre a saúde [25] e sobre a produtividade,
 17 particularmente nos países tropicais como o Brasil. Novos conceitos e novas ferramentas de IoT (Internet
 18 das Coisas) vem surgindo, ampliando as possibilidades de compreensão do bem estar e abrindo
 19 possibilidades da habitação “conectada”[26] não só para melhorar o bem-estar mas, também, auxiliar o
 20 sistema de saúde, particularmente de idosos[27].

1 Adicionalmente, pouco se conhece dos desejos e anseios dos diferentes usuários e objetivamente é difícil
 2 correlacionar as decisões de projeto com níveis de conforto percebido.



3
 4 *Figura 3 Desejos dos usuários de conjuntos habitacionais paulistas. Na esquerda, agrupamento das frequências de respostas em*
 5 *categorias relevantes. À direita, os aspectos diretamente relacionados à questão ambiental – energia e possibilidade de ampliação –*
 6 *que acumulados representam 23,8 pontos, valor maior que o item isolado de maior apelo: segurança. [28,29]*

7 A habitação a custo acessível para o cidadão de diferentes rendas passa não apenas pelo custo de aquisição
 8 – que na baixa renda tem sido resolvido parcialmente com subsídios à construção - mas, também, pelos
 9 custos em uso, particularmente os custos de **água e esgoto, energia, manutenção e condomínio**.
 10 Desconheço modelos confiáveis para estimar os custos em uso ainda na fase de projeto, particularmente
 11 diante da incerteza do comportamento dos usuários. Este tema necessita ser objeto de pesquisa e
 12 desenvolvimento de benchmark com base em estudo dos edifícios existentes.

13 Também devem ser considerados os custos e impactos ambientais indiretos ocasionados pelas habitações.
 14 Por exemplo, empreendimentos localizados em áreas remotas, longe de centros urbanos e de
 15 oportunidades de trabalho, induzem ao aumento da demanda por transporte, que por sua vez requer a
 16 provisão de infraestrutura para tal, seja transporte privado, seja público. Além disso, essa demanda
 17 adicional de transporte se traduz no aumento do consumo de energia e, conseqüentemente, das emissões
 18 de CO₂ e de outros poluentes. A localização dos empreendimentos também se relaciona à provisão de
 19 infraestrutura de água, esgoto, telecomunicações, lazer, entre outros. Ou seja, não é possível avaliar a
 20 habitação desconectada de seu entorno.

21 Outro tipo de custo indireto são os custos imputados ao Sistema Único de Saúde (SUS) devido a ambientes
 22 com baixa salubridade. A pandemia de COVID-19, que obrigou a população a ficar em casa durante um
 23 período considerável, evidenciou as deficiências do ambiente construído habitado por muitas famílias.
 24 Deficiências de iluminação natural, ventilação, crescimento de fungos e bolores, falta de acesso ao
 25 saneamento básico, entre outros problemas impactam negativamente a saúde da população mais
 26 vulnerável. É necessário que tais custos sejam considerados de uma forma mais ampla, e que sejam feitos
 27 estudos robustos para se ter um diagnóstico adequado e monitorar os efeitos de políticas públicas
 28 direcionadas à resolução de tais problemas.

29 Outra questão importante diz respeito à qualidade e durabilidade das edificações. O Programa Brasileiro de
 30 Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) contribuiu de maneira significativa para a melhoria da

1 qualidade das habitações, particularmente as habitações de interesse social produzidas por programas
2 governamentais ou com financiamento público. Entretanto, ainda há desafios a serem superados. São
3 muitos os exemplos de HIS que apresentam patologias após poucos anos de uso, implicando em custos de
4 manutenção ao usuário ou, quando o mesmo não consegue arcar com tais custos, em uma redução de sua
5 qualidade de vida. Além disso, para implementar efetivamente o pensamento do ciclo de vida na
6 construção, é necessário prever a vida útil de projeto das edificações e de suas partes, o que requer
7 investimento em P, D & I.

8 O trabalho dos operários na atividade de construção é, de forma geral, socialmente desvalorizado. Na
9 autoconstrução, mesmo quando em movimentos organizados, o valor do trabalho não é usualmente
10 contabilizado. Em geral, a construção é a última opção de inclusão no mercado de trabalho: poucos
11 trabalhadores desejam que seus filhos permaneçam na mesma profissão [30], o que dificulta a captação de
12 recursos humanos. A construção é também relativamente mais perigosa: a Organização Internacional do
13 Trabalho [31] estima que entre 20% a 40% das mortes por acidentes ocupacionais ocorridas nos países
14 desenvolvidos estão relacionadas à atividade de construção civil.

15 A sustentabilidade da construção no longo prazo passa por aumentar a remuneração dos recursos
16 humanos, que certamente depende de aumentos de produtividade substanciais, somente possíveis de
17 serem obtidos com inovações de tecnologias construtivas e organizacionais. Estas dependem de incentivos
18 à inovação, à educação dos profissionais da construção (inclusive com a valorização dos profissionais de
19 nível técnico) e de mudanças na forma como se analisa a viabilidade financeira de empreendimentos,
20 considerando não apenas os custos de construção, mas os custos ao longo do ciclo de vida, inclusive os
21 custos indiretos impingidos à sociedade.

22 **3 Integrando a sustentabilidade no PlanHab**

23 Existem duas abordagens básicas para integrar a dimensão sustentabilidade na nova versão do PlanHab: (a)
24 prescrever soluções consideradas “mais sustentáveis”; (b) especificar o desempenho socioambiental
25 desejado; (c) solução mista.

26 **3.1 Prescrição de soluções “sustentáveis”**

27 A noção mais popular de promoção da sustentabilidade ambiental na construção é prescrever soluções
28 consideradas de menor impacto. A introdução de aquecedores solares de água, recomendação de
29 reciclagem, uso de madeira, são exemplos de recomendações “sustentáveis”. Em muitas situações, estas
30 soluções conseguem reduzir impactos ambientais relevantes, mas em outras elas falham. Por exemplo, o
31 uso de agregados reciclados pode aumentar a pegada de CO₂ do concreto, porque pode aumentar o
32 consumo de cimento para atingir a mesma resistência [32]. Aquecimento solar de água apresenta baixos
33 resultados em termos de economia de energia e CO₂ em regiões onde a demanda de água quente para
34 banho é baixa, ou em locais com pouca insolação. A estratégia de prescrever soluções “sustentáveis” é
35 comum nos selos de construção verde, que em sua maioria não são baseados em uma quantificação dos
36 impactos ambientais ao longo do ciclo de vida [33,34].

37 Embora simplifiquem a atividade de projetistas e empreendedores, estas recomendações privilegiam e
38 criam mercado para algumas soluções em detrimento de outras, sem que existam evidências
39 inquestionáveis da sua relevância [35], sendo fonte de conflito entre diferentes setores. Mais do que isto,

1 ao padronizarem “soluções sustentáveis” elas contrariam uma máxima da sustentabilidade: “problemas
2 globais, soluções locais”, além de impor limites à criatividade, que possibilitaria o desenvolvimento de
3 novas soluções.

4 Dificilmente um “selo verde” poderia acomodar a diversidade de mercados de empreendimentos
5 habitacionais, de climas e disponibilidade de produtos de um país complexo como o Brasil. Além disso, é
6 necessária criação e manutenção de recomendações e critérios para cada tipo de produto – casas térreas,
7 edifícios, saneamento, pavimentação, etc.

8 Sendo assim, recomenda-se limitar o uso de soluções prescritivas a situações nas quais não seja viável o
9 estabelecimento de metas de desempenho, considerando aquelas soluções com um baixo risco de “trade-
10 off”, ou seja, reduzir um impacto para aumentar outro. Exemplos desse tipo de medida são recomendações
11 para aumentar a eficiência no uso de energia e de água, como adotar aparelhos com menor consumo
12 (lâmpadas LED, torneiras com arejadores, bacias dual-flush), e programas de redução de perdas em obras.

13 **3.2 Estabelecimento de metas de desempenho socioambiental**

14 Outra estratégia para promover a sustentabilidade é estabelecer indicadores de desempenho ambiental e
15 socioeconômico, estimadas por métodos padronizados, com metas associadas para diferentes horizontes
16 de tempo. Esta é uma abordagem de desempenho, pois foca na finalidade – redução do impacto ambiental
17 – e não nos meios. Ela dá liberdade ao mercado para identificar e até desenvolver soluções mais adequadas
18 em cada situação específica, incentivando a inovação. Ela também se aproxima dos métodos modernos de
19 gestão por indicadores. Finalmente, esta estratégia não privilegia setores ou soluções específicas,
20 facilitando a sua aceitação, sobretudo no contexto de políticas públicas.

21 Nesse sentido, a abordagem de desempenho se aproxima do conceito adotado pela norma brasileira de
22 desempenho de edifícios, a ABNT NBR 15575. A partir do desenvolvimento dessa norma, passou-se a
23 especificar o nível de desempenho requerido do edifício – por exemplo, o nível de isolamento sonora da
24 envoltória do edifício – ao invés de prescrever soluções construtivas específicas. Cada requisito de
25 desempenho tem um critério para verificar o seu atendimento, o qual pode ser qualitativo ou quantitativo,
26 além de um método apropriado para sua avaliação. No caso do desempenho ambiental, a abordagem é
27 semelhante: há requisitos de desempenho ambiental (por exemplo, limitar as emissões de CO₂ da
28 edificação), um indicador (kg de CO₂ emitidos por m² de área construída) e um método para sua
29 quantificação.

30 A eficácia de uma política de promoção da sustentabilidade depende do engajamento da sociedade. Trata-
31 se, portanto, de um processo político e de negociação, que deve ser guiado pelas melhores evidências
32 científicas disponíveis até o momento.

33 **3.2.1 Critérios para seleção de indicadores de desempenho ambiental**

34 Para que seja possível adotar a abordagem de desempenho no estabelecimento de metas socioambientais
35 para o PlanHab 2040, são necessários indicadores que descrevam quantitativamente os requisitos de
36 desempenho ambiental. Para isso, recomenda-se que os indicadores sejam [36]:

37 a) **Mínimos:** a capacidade de agentes do mercado e do governo em medir, controlar e decidir sobre
38 impactos ambientais é limitada. O número de indicadores deve ser minimizado. Com a
39 aprendizagem é possível gradativamente introduzir novos indicadores.

- 1 b) **Mensuráveis:** fáceis de medir, dispensando recursos humanos especializados e equipamentos
2 complexos. Preferencialmente passíveis de integração nos sistemas de gestão.
- 3 c) **Compreensíveis:** indicadores de compreensão simples facilitam o uso e a comunicação, diminuindo
4 a possibilidade de erros.
- 5 d) **Confiáveis:** somente sistemas confiáveis podem ser utilizados em decisões consequentes. Assim,
6 cada indicador precisa ser claramente **embasado em evidências científicas**, e dispor de método de
7 medida simples, que gere resultados verificáveis, com incertezas explicitadas. Os indicadores
8 relativos a impactos na fase de uso precisam ser baseados em modelos verificados e aperfeiçoados.
- 9 e) **Comparáveis:** a escolha da melhor decisão implica em comparar alternativas equivalentes, como
10 por exemplo, diferentes soluções construtivas ou processos industriais para gerar um mesmo
11 produto. Indicadores comparáveis permitem a criação de benchmarks onde soluções ou
12 fabricantes podem ser comparados de forma objetiva.
- 13 f) **Integrados em políticas públicas** e mecanismos do estado que sejam mais abrangentes e já
14 estejam estabelecidas, sempre que possível.

15 3.2.2 Estabelecendo metas

16 Para que a política seja eficaz, a cada indicador devem estar associadas metas que ficam previsivelmente
17 mais ambiciosas ao longo do tempo (2030, 2035...2040). Certamente metas diferentes serão estabelecidas
18 para diferentes integrantes da cadeia (fabricantes de diferentes materiais e componentes, construtores,
19 etc.) e diferentes mercados da área de habitação (IES, mercado, saneamento etc.), permitindo que cada
20 um tenha a sua tarefa clara.

21 Para que sejam eficazes, estas metas temporais devem refletir:

- 22 a) **Benchmark:** O desempenho atual do setor com relação a este indicador, necessariamente
23 produzido a partir de um benchmark representativo das diferentes realidades;
- 24 b) **Políticas públicas:** As necessidades de mitigação futura, com base em outras políticas públicas ou
25 compromissos internacionais existentes (como as relativas às mudanças climáticas e eficiência
26 energética e adaptação) ou em modelos baseados em evidências.
- 27 c) **Coerentes:** de forma que a ação de cada integrante da cadeia de valor resulte nos ganhos e que o
28 conjunto do mercado atinja as metas da sociedade.

29 3.2.3 Indicadores de desempenho ambiental

30 Para que sejam comparáveis e confiáveis, é importante que os indicadores de desempenho ambiental da
31 construção adotem a abordagem do ciclo de vida. Isso evita, por exemplo, que se adote um material com
32 uma baixa pegada ambiental, mas que seja pouco durável, ou que se reduza a espessura da envoltória dos
33 edifícios às custas de sua inércia térmica, porém aumentando o consumo de energia para climatizar o
34 edifício por décadas durante seu uso. Também é importante que se considerem os múltiplos impactos
35 ambientais associados à construção, para evitar decisões como o uso de agregados reciclados no concreto,
36 que pode até reduzir o consumo de materiais virgens, mas aumenta as emissões de CO₂ devido ao maior
37 teor de cimento, caso a dosagem não seja adequada.

38 A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta universal, consagrada na ISO 14040, capaz de
39 fornecer informações quantitativas dos múltiplos impactos ambientais de **qualquer produto ou processo**.
40 Estes impactos são calculados a partir da medição dos fluxos de massa e energia que entram e saem dos

1 processos que ocorrem ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Um atrativo da ferramenta é que ela
 2 pode ser aplicada tanto a produtos (aço, edifícios, rodovias) quanto a um serviço (transporte coletivo),
 3 gerar resultados para serem incorporados no ESG das empresas, setores e municípios.

4 Entretanto, a quantidade de indicadores calculados em uma ACV clássica é extensa [37] (**Error! Reference
 5 source not found.**), cobrindo mais de uma dezena de indicadores. Isso requer cálculos complexos, os quais
 6 dependem de bases de dados e softwares especializados e de alto custo. Para manter a abordagem do ciclo
 7 de vida e tornar esse tipo de avaliação acessível aos agentes da cadeia da construção, propõe-se medir
 8 apenas os fluxos de matéria e energia que representem os impactos mais relevantes da construção. Essa
 9 simplificação é indicada por outros organismos importantes, tais como o CBCS[38,39] e o World Business
 10 Council For Sustainable Development [40]. Mesmo a Suíça, berço da ACV e sede das principais consultorias
 11 internacionais no tema, utiliza na construção três indicadores, incluindo CO₂ e energia incorporada e um
 12 outro geral.

13 O **SIDAC**, que hoje encontra-se em desenvolvimento pelo Governo Federal com apoio da Comunidade
 14 Europeia e GIZ, segue esta recomendação, e poderá ser utilizado como ferramenta padronizada para o
 15 estabelecimento de metas de indicadores relevantes e **fáceis de medir e verificar**.

16 Em sua primeira versão, o SIDAC permite calcular as pegadas de CO₂ e energia (Tabela 2) da produção de
 17 materiais de construção. No entanto, o sistema foi desenvolvido de forma a facilitar sua ampliação,
 18 incorporando outros indicadores quando necessário, bem como outros estágios do ciclo de vida.
 19 Considerando que a criticalidade do abastecimento de água será agravada e generalizada pelas mudanças
 20 climáticas, bem como sua ligação com saneamento, a pegada de água é certamente prioritária. O papel da
 21 cadeia da construção na geração de resíduos urbanos é grande e a disposição ilegal apresenta custos para
 22 os municípios, de maneira que o tema de resíduos também tem um enorme potencial. Adicionalmente,
 23 como a construção é muito intensiva em recursos, a desmaterialização (redução da massa de recursos
 24 materiais) tem um grande potencial na redução dos impactos ambientais associados ao uso de materiais,
 25 inclusive CO₂ e energia. Assim, a pegada de materiais, igualmente fácil de medir, tem um bom potencial de
 26 mitigação. Resíduos e uso de recursos também fazem parte do quadro mais amplo da economia circular,
 27 que é considerada a abordagem sistêmica para a redução das pegadas ambientais da humanidade.

28 *Tabela 2 – Pegadas ambientais do SIDAC (em verde) e outras potencialmente interessantes, com sua contribuição para a dimensão*
 29 *socioeconômica (qualidade de vida, redução de custos inicial e em uso) bem como a adaptação.*

| | Custo inicial | Custo em uso | Adaptação | Qualidade de vida |
|-----------------|---------------|--------------|-----------|-------------------|
| CO ₂ | XX* | X* | XXX | XXX |
| Energia | XX | XXX | XXX | XXX |
| Água | X | XXX | XXX | XXX |
| Resíduos | XX | XXX | XXX | X |
| Materiais | XX | | XXX | X |
| ?? | | | | |

30 *deverá crescer no futuro

31 A infraestrutura de informática e a metodologia para inventário de CO₂ e energia da fase de construção já
 32 estão disponíveis. A primeira versão do SIDAC será lançada com dados genéricos dos materiais que
 33 compõem a cesta básica de produtos de construção, para permitir que projetistas, incorporadores,

1 construtores e demais interessados estimem os impactos incorporados pelos materiais de construção às
2 edificações. Agora, é necessário que as empresas forneçam seus dados, atividade que exigirá um esforço
3 importante, somente possível com a liderança do setor público. Adicionalmente é necessário criar
4 benchmarks de pegadas ambientais dos principais sistemas de construção, de forma a orientar o
5 estabelecimento de critérios mínimos e orientar a inovação.

6 Selos de eficiência energética, como o Energy Star norte-americano e o Procel PBE EDIFICA brasileiro, são
7 partes de políticas públicas e permitem estimar o consumo futuro de energia de um edifício durante o seu
8 uso. No entanto, estes modelos ainda estão baseados em uma compreensão simplista dos usuários e de
9 sua cultura – necessariamente local – e precisam ser melhorados com bases em estudo das diferentes
10 realidades brasileiras. Não se conhece modelo de estimativa do consumo de água na fase de uso.

11 Assim, é necessário investir no desenvolvimento de modelos mais confiáveis para estimar os prováveis
12 impactos ambientais (e também de custo) na fase de uso da construção e dos edifícios em particular,
13 tirando proveito do crescente baixo custo do IoT e big-data. Estudos dos custos reais de amostras de
14 edifícios hoje existentes são o melhor ponto de partida para definir estas metodologias e simultaneamente
15 criar um benchmark do mercado.

16 3.2.4 Indicadores de socioeconômicos

17 Não tenho conhecimento de indicadores de desempenho socioeconômicos que sejam simples de medir e
18 verificar, bem como representativos.

19 Do ponto de vista dos usuários dos edifícios, a questão de custos – de construção e em uso - e bem-estar
20 parecem fundamental.

21 Custo em uso incluem (a) custos energia; (b) água; (c) condomínio; (d) manutenção previsível; (e)
22 transporte; (f) financiamento. Como famílias tem diferentes tamanhos e diferentes rendas, e existem
23 incertezas em todos os custos, mas particularmente nos custos de manutenção e condomínio, é desejável
24 uma abordagem probabilística, o que certamente é um complicador.

25 A questão de saúde e bem-estar também é relevante: é fácil reduzir o impacto ambiental produzindo
26 ambiente com pouco conforto. No entanto, estes itens estão sob certo controle no âmbito da norma de
27 desempenho o que provavelmente não são uma prioridade. No entanto, um estudo granular baseado em
28 medições de parâmetros pode, inclusive, contribuir para melhorar a norma de desempenho. Um aspecto
29 relevante para o bem-estar é o tempo de deslocamento para as áreas de emprego.

30 Indicadores do ponto de vista da sociedade mais ampla é fundamental a inclusão do combate à
31 informalidade, com longa tradição nos programas Setoriais da Qualidade do PBQP-H, além de questões de
32 produtividade da construção. Por outro lado, é também fundamental que os PSQs incluam nos seus
33 critérios a existência de indicadores de sustentabilidade (como pegada de CO₂) auditados.

34 4 Estratégia de implantação

35 Esta é uma ação de longo prazo, complexa e que precisa gestão especializada, pois as metas requerem
36 transformar o setor produtivo.

1 A estratégia de implantação passa por um processo participativo que atribua tarefas para todos os
2 integrantes da cadeia, mas que seja guiado por evidências técnico-científicas que reflitam as realidades
3 específicas do país.

4 As etapas a seguir não estão em ordem temporal.

5 **4.1 Estabelecimento de agenda prioritária da sustentabilidade**

6 O processo começa envolvendo agentes do estado formuladores de políticas públicas relacionadas,
7 especialistas do Brasil e do exterior e representantes da cadeia de valor. A experiência internacional
8 certamente será importante, ponderando-se que problemas globais precisam soluções ótimas locais. Os
9 resultados (mesmo que parciais) do “programa de produção de evidências” são importantes neste
10 processo.

11 **4.2 Diagnóstico: programa de produção de evidências**

12 Programa de investigação focado na produção de evidências, que permitam selecionar indicadores mais
13 prioritários e estabelecer benchmarks confiáveis e representativos das realidades brasileiras e dos
14 diferentes mercados da habitação.

15 O programa é essencial tanto para embasar as discussões iniciais para acompanhar a evolução e propor
16 melhorias contínuas.

17 Esta etapa envolve, também, identificar itens de agenda que permitam explorar sinergias com políticas
18 relacionadas, incluindo clima, eficiência energética, gestão de recursos hídricos, saneamento, resíduos,
19 mineração etc., bem como estratégias setoriais já estabelecidas.

20 O processo de produção de evidências deve ser estruturado de forma que sua execução gere resultados
21 rápidos que vão sendo progressivamente aperfeiçoados, criando uma comunidade de pesquisa capaz de
22 dar suporte de conhecimento às metas.

23 **4.3 Estabelecimento de “Roadmap” e metas temporais**

24 O estabelecimento de um Roadmap e de metas temporais para cada indicador priorizado, gerando tarefas
25 claras para cada um dos diferentes agentes da cadeia produtiva, em cada mercado relevante (IES,
26 saneamento, habitação de mercado).

27 Em seu conjunto, estas metas devem garantir o atendimento das políticas públicas gerais e compromissos
28 internacionais do país e a ambição do setor e devem estar acoplados a mecanismos que tornem crível a sua
29 viabilidade.

30 **4.4 Implantação, acompanhamento e divulgação**

31 Para dar resultados deverá ser estabelecido um sistema de gestão baseado nos indicadores e ser objeto de
32 um acompanhamento permanente, capaz de gerar correções de rota sempre que necessário. É certamente
33 necessária a existência de uma governança de alto nível, reunindo governo, academia, ONGs e mercado,
34 apoiada por uma estrutura especializada operacional.

35 Para dar credibilidade e mobilizar a sociedade é necessário estabelecimento de uma política periódica de
36 divulgação pública de metas e dos resultados.

1 4.5 Suporte à sustentabilidade

2 4.5.1 Educação para a construção sustentável

3 A sustentabilidade da habitação requer alterações na formação básica de engenheiros, arquitetos e
4 tecnólogos em construção, bem como do pessoal especializado da indústria. Isto vai exigir mudanças nos
5 currículos básicos que não irão ocorrer sem uma demanda forte.

6 Também é fundamental a criação de um programa de educação continuada que atualize os profissionais
7 que já estão no mercado.

8 4.5.2 Incentivo a inovação sustentável na construção

9 A inovação em tecnologia de construção é naturalmente lenta. As metas de desenvolvimento sustentável
10 não serão atingidas se a indústria e o setor da construção e de projeto não introduzirem no mercado
11 inovações que sejam capazes de reduzir os diferentes impactos socioeconômicos e ambientais. Existem
12 hoje no país mecanismos razoavelmente sofisticados para a promoção e apoio à inovação e o setor da
13 construção tem progressivamente se motivado. No entanto, ainda será necessário promover ações que
14 incentivem inovações na direção dos baixos impactos ambientais. Mecanismos como encomendas
15 tecnológicas e que privilegiam startups nas compras públicas podem ser facilmente explorados. O Sistema
16 Nacional de Aprovação Técnica (SINAT) é um facilitador da introdução de inovações, mas ele ainda não
17 inclui em seus critérios dimensões da sustentabilidade, o que seria desejável.

18 5 Referências

- 19 [1] Degani C, Cavalheiro D de C. Recomendações Dos Aspectos De Sustentabilidade Relevantes Para Cada
20 Um Dos Cinco Objetivos Temáticos Do Planhab 2040. Brasília: Cooperação Alemã para o
21 Desenvolvimento Sustentável; 2021.
- 22 [2] John VM, de Barros C. Sustentabilidade na produção da habitação de interesse social. In: Nunes T,
23 Santa Rosa J, Moraes RF, editors. HABITAÇÃO SOCIAL E SUSTENTABILIDADE URBANA, vol. 3. ONU
24 Habitat, Ministério do Meio Ambiente, Ministério das Cidades, Brasília: 2015, p. 94–139.
- 25 [3] IPCC. Climate change 2014: synthesis report. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on
26 Climate Change; 2015.
- 27 [4] GCCA. Concrete Future -The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero
28 Concrete. London: Global Cement and Concrete Association; 2021.
- 29 [5] IEA, WBCSD. Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry. OECD/IEA; WBCSD;
30 2018.
- 31 [6] Haszeldine RS. Carbon Capture and Storage: How Green Can Black Be? Science 2009;325:1647–52.
32 <https://doi.org/10.1126/science.1172246>.
- 33 [7] The Economist. The EU proposes a carbon tariff on some imports. The Economist 2021.
- 34 [8] Parry I. What Is Carbon Taxation. FINANCE & DEVELOPMENT 2019;56:54–5.
- 35 [9] IEA. South African Carbon Tax. IEA/IRENA Renewables Policies Database 2020.
36 <https://www.iea.org/policies/3041-south-african-carbon-tax>.
- 37 [10] The Economist. A 3°C world has no safe place - Adapting to climate change. The Economist 2021.
- 38 [11] The Economist. Could climate change trigger a financial crisis? The Economist 2021.
- 39 [12] Visedo G, Pecchio. M. Roadmap Tecnológico do Cimento. Rio de Janeiro: SNIC; 2019.

- 1 [13] Glenk K, Fischer A. Insurance, prevention or just wait and see? Public preferences for water
2 management strategies in the context of climate change. *Ecological Economics* 2010;69:2279–91.
3 <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.022>.
- 4 [14] Bo MW, Fabius M, Fabius K. Impact of global warming on stability of natural slopes. Proceedings of
5 the 4th Canadian Conference on Geohazards : From Causes to Management., Quebec: Presse de
6 l'Université Laval, Québec; 2008.
- 7 [15] Woetzel J, Pinner D, Samandari H, Engel H, Krishnan M, Boland B, et al. Climate risk and response
8 Physical hazards and socioeconomic impact. San Francisco: McKinsey Global Institute; 2020.
- 9 [16] Kasperski M. Climate change and design wind load concepts. *Wind and Structures, An International*
10 *Journal* 1998;1:145–60.
- 11 [17] Stewart MG, Li Y. Methodologies for economic impact and adaptation assessment of cyclone damage
12 risks due to climate change. *Australian Journal of Structural Engineering* 2010;10:121–35.
- 13 [18] Steenbergen RDJM, Geurts CPW, Bentum CA van. Climate change and its impact on structural safety.
14 *HERON* 2009;54:3–36.
- 15 [19] Australian Greenhouse Office. An Assessment of the Need to Adapt Buildings for the Unavoidable
16 Consequences of Climate Change. An Assessment of the Need to Adapt Buildings for the Unavoidable
17 Consequences of Climate Change, Canberra: 2007.
- 18 [20] Hertin J, Berkhout F, Gann DM, Barlow J. Climate change and the UK house building sector:
19 Perceptions, impacts and adaptive capacity. *Building Research and Information* 2003;31:278–90.
- 20 [21] Nijland TG, Adan OCG, Van Hees RPJ, Van Etten BD. Evaluation of the effects of expected climate
21 change on the durability of building materials with suggestions for adaptation. *Heron* 2009;54:37–48.
- 22 [22] The Economist. The latest UN climate report is gloomy, with some sunny patches It says that
23 adaptation is as important as prevention. *The Economist* 2022.
- 24 [23] Cattaneo, Matias D., Galiano, Sebastian, Gertler, Paul J., Martinez, Sebastian, Titiunik, Rocio. Housing,
25 health, and happiness. Washington D.C.: 2007.
- 26 [24] Tella RD, MacCulloch R. Some Uses of Happiness Data in Economics. *Journal of Economic Perspectives*
27 2006;20:25–46. <https://doi.org/10.1257/089533006776526111>.
- 28 [25] Gibson M, Petticrew M, Bambra C, Sowden AJ, Wright KE, Whitehead M. Housing and health
29 inequalities: A synthesis of systematic reviews of interventions aimed at different pathways linking
30 housing and health. *Health & Place* 2011;17:175–84.
31 <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2010.09.011>.
- 32 [26] Sato L, John VM. Effects of human-built environment interactions: analysis and apprehension - em
33 elaboração 2022.
- 34 [27] Sagha Zadeh R, Eshelman P, Setla J, Kennedy L, Hon E, Basara A. Environmental Design for End-of-Life
35 Care: An Integrative Review on Improving the Quality of Life and Managing Symptoms for Patients in
36 Institutional Settings. *Journal of Pain and Symptom Management* 2018;55:1018–34.
37 <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2017.09.011>.
- 38 [28] Granja AD, Kowaltowski DCCK, Pina SAMG, Fontanini PSP, Barros L, Paoli D de, et al. A natureza do
39 valor desejado na habitação social. *Amb Const* 2009;9:87–103.
- 40 [29] Kowaltowski DCCK, Granja AD. The concept of desired value as a stimulus for change in social housing
41 in Brazil. *Habitat International* 2011;35:435–46. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.12.002>.
- 42 [30] Plessis C du. Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries. vol. Boutek Report No
43 Bou/E0204. Pretoria: CIB & UNEP-IETC; 2002.
- 44 [31] Wells J. Social aspects of sustainable construction: an ILO perspective. *Industry and Environment*
45 2003;26:72–5.

- 1 [32] Angulo SC, Carrijo PM, Figueiredo AD, Chaves AP, John VM. On the classification of mixed
2 construction and demolition waste aggregate by porosity and its impact on the mechanical
3 performance of concrete. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions* 2010;43:519–28.
- 4 [33] Haapio A, Viitaniemi P. A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental*
5 *Impact Assessment Review* 2008;28:469–82. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2008.01.002>.
- 6 [34] Wallhagen M, Glaumann M. Design consequences of differences in building assessment tools: a case
7 study. *Building Research & Information* 2011;39:16. <https://doi.org/10.1080/09613218.2010.513210>.
- 8 [35] Golden JS. *An Overview of Ecolabels and Sustainability Certifications in the Global Marketplace*.
9 Durham,: Corporate Sustainability Initiative Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions Duke
10 University; 2010.
- 11 [36] Belizario-Silva F. Proposta de indicadores de desempenho ambiental baseados no conceito de ciclo de
12 vida para apoio a decisão na construção (em ingles). Tese de Doutorado (a ser submetida). Escola
13 Politécnica da USP, 2022.
- 14 [37] John VM, Reis DC, Gomes BM, Sonvezzo CS, Oliveira LS, Silva FB, et al. Proposta de método prático
15 para avaliar o desempenho ambiental no ciclo de vida da construção. *CONCRETO & Construções*
16 2020;XLVIII:48–56. <https://doi.org/10.4322/1809-7197.2020.100.0002>.
- 17 [38] CBCS. *Plataforma Global de Avaliação do Ciclo de Vida Simplificado para Construção Sustentável -*
18 *contribuição à RIO+20 2012*.
- 19 [39] CBCS. *Avaliação de Ciclo de Vida Modular de Blocos e Pisos de Concreto Relatório Final*. São Paulo:
20 Associação Bloco Brasil; 2014.
- 21 [40] WBCSD. *The Business Case for the Use of Life Cycle Metrics in Construction & Real Estate*. Geneva:
22 WBCSD; 2016.
- 23