UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - IAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
GRUPO DE PESQUISA EM HABITAÇÃO E SUSTENTABILIDADE – HABIS

Simone Fernandes Tavares

Conceituação e caracterização de Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono - TCBC: arquitetura e construção sustentável em discussão

São Carlos
2022

SIMONE FERNANDES TAVARES

Conceituação e caracterização de Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono - TCBC: arquitetura e construção sustentável em discussão

Tese apresentada ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para a obtenção de título de Doutora em Ciências.

Versão corrigida

Área de Concentração: Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia

Linha: Projeto, Inovação e Sustentabilidade

Orientadora: Profa. Assoc. Akemi Ino

São Carlos
2022

AUTORIZO A REPRODUCAO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRONICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Arquitetura e Urbanismo
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T231c

Tavares, Simone Fernandes
Conceituação e caracterização de Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono - TCBC: arquitetura e construção sustentável em discussão / Simone Fernandes Tavares; orientador Akemi Ino. -- São Carlos, 2022.
264 p.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2022.

1. Tecnologias construtivas. 2. Conceituação. 3. Princípios. 4. Baixo Carbono. 5. Produção da arquitetura. I. Ino, Akemi, orient. II. Título.

Bibliotecária responsável pela estrutura de catalogação da publicação de acordo com a AACR2:
Brianda de Oliveira Ordonho Sígolo - CRB - 8/8229

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: **Simone Fernandes Tavares de Melo**

Título da tese: "Conceituação e caracterização de Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono - TCBC: arquitetura e construção sustentável em discussão".

Data da defesa: **15/09/2022**

Orientadora: Profª Drª Akemi Ino

Comissão Julgadora:	**Resultado:**
Profª Drª Akemi Ino (IAU/USP)	**Não votante**
Prof. Dr. João Marcos de Almeida Lopes (IAU/USP)	APROVADA
Profª Drª Lúcia Zanin Shimbo (IAU/USP)	APROVADA
P/ **Profª Drª Andrea Naguissa Yuba** (UFMS)	APROVADA
P/ **Profª Drª Sylvia Meimaridou Rola** (UFRJ)	APROVADA
P/ **Profª Drª Katia Regina Garcia Punhagui** (UNILA)	APROVADA

Coordenador e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: **Prof. Dr. João Marcos de Almeida Lopes.**

DEDICATÓRIA

Este trabalho é resultado de um longo processo de construção pessoal e de descobertas. A principal é pelo desejo de ensinar, compartilhar conhecimentos, instigar e provocar pensamentos, contribuir num campo de ação em que dividir significa multiplicar e não subtrair.

Sendo assim, não poderia deixar de dedicá-lo aos mestres e professores que me inspiraram a seguir por este caminho. Dentre tantos, aqueles que mais me tocaram e que seguem comigo nestas linhas enquanto escrevo: Sandra Baston, Akemi Ino, João Marcos de Almeida Lopes, Ioshiaqui Shimbo e Luciana Schenk.

Também dedico aos meus pais, Maria e Hélio, primeiros e eternos professores da vida.

E à Cecília que me ensina diariamente sobre o comprometimento com o outro e com o mundo.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Akemi Ino, que há 17 anos (ainda que com intervalo) segue comigo neste processo de formação. Obrigada pela oportunidade, pela humanidade, pelas experiências compartilhadas.

Ao professor Ioshiaqui Shimbo, por acender novamente a fagulha do desejo pela pesquisa (ainda que o tema aqui apresentado seja totalmente diferente daquele que discutimos em meados de 2015) e pela apresentação de métodos e metodologias de pesquisa científica.

Aos professores que me ajudaram a formular a pesquisa nas disciplinas da pós-graduação, em especial Lucia Shimbo e João Marcos de Almeida Lopes.

Ao professor Luiz Marques, pela leitura atenta do memorial de qualificação, pelas referências, apontamentos e críticas, e pela gentileza com que os fez.

Aos professores Andrea Naguissa Yuba, Kátia Punhagui, Sylvia Rola, Lucia Shimbo, João Marcos A. Lopes pelos apontamentos durante a defesa da tese e pelo estímulo para que ela tenha continuidade.

À equipe Habis-TCBC, Tatiana Chiletto, Rita Saramago, Alice de Oliveira, Frederico Ghellere, Iole de Moraes, Rodolfo Sertori pelas reflexões conjuntas;

Às revisoras oficiais deste texto, Amanda, Carol Akemi e Marília Campos pelas correções da língua e pelos valiosos apontamentos;

À Ângela Giampedro e José Antonio Várgas pela revisão do abstract e resumén, respectivamente.

À equipe HABIS, Lara Melotti, Camila Rocha, Angel Castaneda, Camila Furloni, Anais Perrin, Thiago Ferreira, Cecília Lenzi, Marcelo Aflalo, Mônica Aprilanti, Carlos Raidak, Erich Shigue, Ana Carol Figueiredo, Everton Gavino, Mathilde Col pelas conversas de pesquisa, trocas de experiências, pela vivência;

Aos meus amigos Laiá, Carol Akemi, Jamila, Elves, Angelina, Adriana, Pedro, Bruno, Bojana, José Antonio, Noelia por povoarem a minha vida com boas energias e distrações;

À minha família estendida, Maria, Hélio, Amanda, Fábio, Rogério, Gláucia, Matheus, Ana Letícia, Felipe, Sueli, Hermes, Denner, Débora e Carla pelos momentos felizes.

Ao Diogo, companheiro desta vida.

À Mara, Flávia, Vilma pela assistência às burocracias da secretaria do IAU;

À Brianda e Cleversi, pelo apoio nas normas técnicas, busca por livros e fichas catalográficas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) pelo apoio à pesquisa – Código de Financiamento 001.

EPÍGRAFE

[...] Aí ele [o Deus curumim] avistou no meio do mar
um casco de Tartaruga imenso
coberto de montanhas, de desertos, de cidades.

O casco era todo dividido por um desenho de linhas
e em cada parte desse desenho
se falava uma língua diferente.

Deus olhou para aquele lugar
e gostou dali.
Ficou morando ali,
vivendo no meio das Letras,
que eram tão ocupadas com seus afazeres
que não prestavam atenção naquele curumim
sempre sentadinho e calado.

Mas o tempo foi passando.
A Tartaruga foi ficando mais pesada,
o corpo dela começou a afundar
e o espaço em cima do casco foi diminuindo.

As Letras iam pegando suas coisas
e se mudavam todas para o centro do casco,
mas o centro do casco ficava menor a cada dia.

As Letras comeram todas as folhas.
Depois comeram todos os grãos de areia.
Depois, a única comida que restava
eram as estrelas.

As Letras tentaram subir para as estrelas:
elas atiravam flechas para o céu
e subiam penduradas nelas.

Deus teve pena delas e deixou que elas
alcançassem as estrelas.

As Letras se espalharam noite afora,
comendo as estrelas,
apagando de uma em uma
até que restaram somente
a Treva e o Sol:
a bola grande de escuridão
e a bola pequena de luz.
As Letras queriam comer o Sol
mas ele era muito maior do que elas.

As Letras acharam
que se jogassem uma pedra no centro do Sol
ele se partiria em pedaços
que elas poderiam comer.

Elas fizeram isto, mas o Sol se partiu em dois Sóis
iguais.

E quanto mais pedras elas jogavam
mais os Sóis iam se partindo
e mais Sóis aparecendo,
todos do mesmo tamanho.

As Letras começaram a morrer de calor,
cercadas por tantos Sóis.
Elas deitaram-se, sonharam com Deus,
e perguntaram o que deviam fazer.

Deus disse a elas que deviam viajar até o fim da
bola de Escuridão.
Mas as Letras temiam a Escuridão.
Elas preferiram ser queimadas pela luz
do que se aventurar no meio das trevas.

Mas Deus lhes disse
que no fim da Escuridão
havia uma portinha
que dava para um mundo
onde havia apenas um Sol,
e apenas as estrelas que elas mesmas
escolhessem.

As Letras aceitaram.
deram-se as mãos,
e começaram a viajar juntas
em busca do fim da Escuridão."

Braulio Tavares
A invenção do mundo pelo Deus-curumim (2012)

RESUMO

TAVARES, Simone F. **Conceituação e caracterização de Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono - TCBC: arquitetura e construção sustentável em discussão**. 2022. 264 p. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

A problemática enfrentada por esta tese discute modos de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes de processos produtivos relacionados à arquitetura e à construção. Se as edificações são essenciais ao bem-estar e à dignidade humana, os processos relacionados à sua produção contribuem diretamente para o aquecimento global e as mudanças climáticas visto a dimensão e o modelo de organização de sua cadeia produtiva. A tecnologia, por sua vez, diz respeito ao modo como o homem resolve a base material de sua vida empenhando, para tanto, bens retirados da natureza, trabalho humano, ferramentas e conhecimentos arranjados de acordo com processos, procedimentos e métodos. Como uma manifestação intrinsecamente humana, a tecnologia reflete o modo como a sociedade se organiza, assim como os seus objetivos e pressupostos, hoje embasados na lógica da produtividade. No entanto, produzir mais utilizando racionalmente os diferentes recursos não implica em produzir o que é socialmente necessário, tão pouco garante o acesso universal aos bens produzidos ou evita impactos ambientais negativos, entre eles, as emissões de GEE. É fundamental, por isso, repensar a tecnologia, em especial, aquela desenvolvida para a construção das edificações. Partindo deste entendimento, esta tese teve como objetivo conceituar e caracterizar Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono (TCBC). A metodologia empregada foi a argumentação lógica apoiada na revisão da literatura de três eixos de discussão: a sustentabilidade, a tecnologia e o baixo carbono tratados, primeiramente, a partir de uma abordagem ampla para, na sequência, serem analisados no campo da construção das edificações. O mapeamento das três noções chaves permitiu compreender quais são os principais problemas, soluções, insuficiências e contradições enfrentados por uma arquitetura e construção que se quer sustentável e de baixo carbono. A síntese deste mapeamento resultou nos sete princípios que caracterizam TCBC, nomeados de edificação permanente, trabalho desalienado, integração homem-natureza, menos energia, autocentramento, racionalidade produtiva e poder popular. Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono, desta forma, é o que resulta destes princípios podendo ser definida como aquela que reduz as emissões de GEE a partir do rearranjo de seus processos produtivos, em especial, promovendo novas relações com o trabalho, com a terra e o território, com o meio ambiente, com o conhecimento e com as formas de decidir e de se relacionar socialmente. Pretende, desta forma, atender a outro objetivo primordial: promover a melhora universal da qualidade de vida das pessoas por meio de formas mais igualitárias, acessíveis e plurais de reprodução material e social.

Palavras-chaves: Tecnologias construtivas. Modos de produção. Gases de efeito estufa (GEE). Conceituação. Princípios.

ABSTRACT

TAVARES, Simone F. **Conceptualization and characterization of Low-Carbon Building Technologies (LCBT) for discussions on sustainable architecture and construction.** 2022. 264 p. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

This thesis discusses ways to reduce Greenhouse Gas (GHG) emissions from the architecture production processes standpoint. If buildings are essential to human well-being and dignity, the processes related to a built environment production directly contribute to global warming and climate change, mainly due to the dimension and the organization of their productive chain. Technology, in turn, implies the way the human-being resolves the material basis of his life from goods taken from nature, human labor, tools and knowledge, and features arranged according to processes, procedures, and methods. As an intrinsically human manifestation, technology reflects the way in which society organizes itself, its objectives and assumptions, which today are based on the logic of productivity. However, producing more using different resources rationally neither implies producing what is socially necessary, nor guarantees universal access to the goods produced or avoids negative environmental impacts, including GHG emissions. Therefore, technology - especially the one applied to building construction - must be rethought. Based on such an understanding, this thesis conceptualizes and characterizes Low-carbon Building Technology (LCBT) through a logical argumentation supported by a literature review of three other key concepts, namely sustainability, technology and low-carbon firstly from a broad approach and then in the building construction sector. The mapping of key concepts enabled the comprehension of the main problems, solutions, shortcomings, and contradictions faced by an architecture and construction that aim to be sustainable and low-carbon. Its synthesis resulted in the seven principles that characterize LCBT, named permanent building, dealienated labor, human-nature integration, less-energy, auto-centeredness, productive rationality, and popular power, hence Low Carbon Building Technology. Such a technology is defined as the one that reduces GHG emissions from the rearrangement of its production processes, promoting new relationships with work, land, territory, the environment, the knowledge, and the ways of deciding and relating socially. It aims at meeting the primary objective of promoting the universal improvement of people's quality of life through more egalitarian, accessible, and plural forms of material and social reproduction.

Keywords: Building Technology. Modes of production. Greenhouse Gases. Conceptualization. Principles.

RESUMEN

TAVARES, Simone F. **Conceptualización y caracterización de Tecnologías Constructivas Bajas en Carbono - TCBC: arquitectura y construcción sostenible en cuestión**. 2022. 264 p. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

Esta tesis analiza formas de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los procesos de producción de arquitectura. Si los edificios son esenciales para el bienestar y la dignidad humana, los procesos relacionados con la producción del entorno construido contribuyen directamente al calentamiento global y al cambio climático dada la dimensión y organización de su cadena productiva. La tecnología, a su vez, implica cómo el hombre resuelve las bases de su vida a partir de bienes tomados de la naturaleza, trabajo humano, herramientas y conocimientos, características ordenadas según procesos, procedimientos y métodos. Como manifestación intrínsecamente humana, la tecnología refleja la forma en que la sociedad se organiza, sus objetivos y supuestos, que hoy se basan en la lógica de la productividad. Sin embargo, producir más utilizando racionalmente los diferentes recursos no implica producir lo socialmente necesario, ni garantiza el acceso universal a los bienes producidos ni evita impactos ambientales negativos, incluidas las emisiones de GEI. Por ello, es fundamental repensar la tecnología, especialmente la aplicada en la edificación. Basada en este entendimiento, esta tesis tuvo como objetivo conceptualizar y caracterizar la Tecnología de Construcción Baja en Carbono (TCBC). La metodología utilizada fue la argumentación lógica apoyada en la revisión bibliográfica de otros tres conceptos claves: sostenibilidad, tecnología y baja emisión de carbono, en un primer momento analizados desde un enfoque amplio y en segundo lugar en el sector de la edificación. El mapeo de conceptos claves permitió comprender los principales problemas, soluciones, carencias y contradicciones que enfrentan una arquitectura y construcción que pretenden ser sosteniblen y bajan en carbono. La síntesis de este mapeo resultó en los siete principios que caracterizan a la TCBC: edificación permanente, trabajo desalienado, integración hombre-naturaleza, menos energía, autocentrado, racionalidad productiva y poder popular. La Tecnología de Construcción Baja en Carbono, por tanto, es la que resulta de estos principios y puede definirse como aquella que reduce las emisiones de GEI a partir de la reordenación de sus procesos productivos, en particular, promoviendo nuevas relaciones con el trabajo, la tierra, el territorio, el medio ambiente, el conocimiento y las formas de decidir y relacionarse socialmente. De esta forma, pretende cumplir con otro objetivo primordial: promover la mejora universal de la calidad de vida de las personas a través de formas de reproducción material y social más igualitarias, accesibles y plurales.

Palabras-clave: Tecnologías constructivas. Modos de producción. Gases de efecto invernadero (GEI). Conceptualización. Principios.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Eixos estruturantes do projeto de pesquisa. 40
Figura 2 – Delineamento da pesquisa. 44
Figura 3 - Representação espacial da tecnologia. A tecnologia é o tetraedro em sua totalidade. 69
Figura 4 - Modelo conceitual para construção sustentável – princípios, recursos e fase. 116
Figura 5 - Diagrama esquemático dos estágios do ciclo de vida. 126
Figura 6 - Loop do ciclo de vida dos materiais. 128
Figura 7 - Emissões antrópicas de gases de efeito estufa por setor econômico no ano de 2010. 140
Figura 8 - Emissões antropogênicas de GEE do período de 1970 a 2010 medidos em gigatonelada de CO2 equivalente ao ano (GtCO2eq/ano). 145
Figura 9 - Emissões por setor econômico brasileiro em 2017 e 2018. 149
Figura 10 - Ciclo de vida da madeira = conservação, eficiência energética e reciclagem. 169
Figura 11 - Percurso para a definição de uma tecnologia. 176
Figura 12 - Primeira formulação das categorias TCBC – quadros com as informações. 181
Figura 13 - Segunda formulação das categorias TCBC – quadros com as informações. 182
Figura 14 – Terceira formulação das categorias TCBC – tabela com informações. 184
Figura 15 - Diagrama TCBC com a apresentação das sete categorias de análise. 185
Figura 16 – Diagrama com as categorias e os princípios TCBC. 219
Figura 17 – Diagrama de influências dos princípios. 220
Figura 18 – Influência direta dos princípios. 221

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de GEEs, sua concentração na atmosfera nos anos 2011 e 2019, tempo estimado de vida na atmosfera, potencial de aquecimento global (GWP) para os períodos de 20 e 100 anos. 29
Tabela 2 – Matriz de influência direta. 221

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de GEEs e fonte de emissão quando resultado da ação humana. 30
Quadro 2 - Objetivos específicos da pesquisa e produtos. 39
Quadro 3 - Estratégias para o ecodesenvolvimento. 96
Quadro 4 - Estratégias do ecodesenvolvimento aplicadas à construção civil. 96
Quadro 5 – Objetivos de um programa bioeconômico. 104
Quadro 6 – Oito objetivos para a sociedade do decrescimento. 107
Quadro 7 – Aspectos que caracterizam um programa de sociedade do decrescimento sereno. 107
Quadro 8 – Aspectos de um programa de economia de estado estacionário. 108
Quadro 9 – Ações propostas pelas teorias econômicas pertinentes à construção civil. 111
Quadro 10 – Pontos discutidos pelos autores e pelas teorias apresentadas que transcendem o caráter prático da construção, mas o influenciam diretamente. 113
Quadro 11 – Ações compartilhadas entre a Agenda 21 para a construção sustentável e a A21SCDC. 121
Quadro 12 - Ações relacionadas à gerenciamento e organização de processos. 122

Quadro 13 – Outras considerações da A21SCDC. 124
Quadro 14 - Dificuldades no desenvolvimento e aplicação de ACV. 127
Quadro 15 - Vantagens compartilhadas pelas diferentes abordagens. 128
Quadro 16 - Dificuldades compartilhadas. 129
Quadro 17 - Estratégias para projeto baseado em princípios de desconstrução / desmontagem. 131
Quadro 18 - Possibilidades de ações para a flexibilidade de projetos arquitetônicos. 133
Quadro 19 - Estratégias projetuais para a flexibilidade do ambiente construído. 133
Quadro 20 - Aspectos e justificativa para a redução de energia incorporada na construção civil. 157
Quadro 21 - Ações para a redução das emissões não relacionadas aos materiais. 171
Quadro 22 – Força motriz para a descarbonização das edificações. 171
Quadro 23 – Mapeamento da literatura em resposta às perguntas indutoras. 179
Quadro 24 - Objetivos da categoria “projeto para a permanência”. 187
Quadro 25 - Aspectos a serem considerados para a proposta de uma TCBC na categoria “projeto para a permanência”. 188
Quadro 26 – Objetivos da categoria “trabalho intensivo”. 192
Quadro 27 - Aspectos a serem considerados para o desenvolvimento de uma TCBC na categoria “trabalho intensivo”. 193
Quadro 28 - Objetivos da categoria “uso da terra”. 194
Quadro 29 - Aspectos a serem considerados para o desenvolvimento de uma TCBC na categoria “uso da terra”. 197
Quadro 30 - Objetivos da categoria “energia”. 198
Quadro 31 - Aspectos a serem considerados para o desenvolvimento de uma TCBC na categoria “energia”. 198
Quadro 32 - Objetivos da categoria “local”. 207
Quadro 33 - Aspectos a serem considerados para o desenvolvimento de uma TCBC na categoria “local”. 208
Quadro 34 - Objetivos da categoria “racionalidade produtiva”. 209
Quadro 35 - Aspectos a serem considerados para a proposta de uma TCBC na categoria “racionalidade produtiva”. 212
Quadro 36 - Objetivos da categoria “decisões”. 216
Quadro 37 – Quadro síntese para a definição dos princípios TCBC. 217
Quadro 38 - Dimensão material, seus agentes e ações. 230
Quadro 39 – Dimensão meios de produção / ferramentas, seus agentes e ações. 231
Quadro 40 – Dimensão trabalho, seus agentes e ações. 232

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise de Ciclo de Vida
$ACVCO_2$	Análise de Ciclo de Vida de CO_2
AFOLU	Agriculture, Forests and other Land Use
APP	Áreas de Proteção Permanente
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
AR	Assessment Reports
A21SCDC	Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries
BEES	Building for Environmental and Economic Sustainability
BIM	Building Information Modeling
BNH	Banco Nacional de Habitação
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BTC	Bloco de Terra Comprimida
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CCCM	Climate Change Countermovement
CCS	Carbon Capture and Storage
CIB	Conselho Internacional de Construção
CLT	Cross Laminated Timber
CMMAD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNC	Computer Numeric Control
COP	Conferência das Partes
DATec	Documento de Avaliação Técnica
DfA	Design for Adaptability
DfD	Design for Disassembly
DfF	Design for Flexibility
EEE	Economia de Estado Estacionário
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EWP	Engineered Wood Products
FBMC	Fórum Brasileiro de Mudança do Clima
FEU	Fundação Ecológica Universal
GBE	Green Building Digest
GEE	Gás de Efeito Estufa
Glulam	Madeira Laminada Colada
GT	Grupo de trabalho
GWP	Global Warming Potential
HABIS	Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade
HQE	Haute Qualité Environnementale
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
IAU	Instituto de Arquitetura e Urbanismo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IEA	International Energy Agency
iLPF	integração Lavoura-Pecuária-Floresta

iNDC	intended Nationally Determined Contributions
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPEMA	Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo
ITA	Instituição Técnica Avaliadora
LaPEI	Laboratório de Desenho Ecológico de Assentamentos
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LUC	Land Use Change
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forest
LVL	Laminated Veneer Lumber
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NDC	Nationally Determined Contributions
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONG	Organização Não-Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
ONU-HABITAT	Organização das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PDE	Plano Decenal de Expansão da Energia
PIB	Produto Interno Bruto
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua
PNB	Produto Nacional Bruto
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRCD	Princípio da Responsabilidade Comum, porém Diferenciada
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SiNAT	Sistema Nacional de Aprovações Técnicas
TCBC	Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono
UMP	Unidade Móvel de Pré-fabricação
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
Usina CTAH	Usina Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado
USP	Universidade de São Paulo
WFIB	Wood Fibre Insulation Board
WWI	Worldwatch Institute
8'Rs	Reavaliar, Reconceituar, Reestruturar, Redistribuir, Relocalizar, Reduzir, Reutilizar, Reciclar

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **25**

AQUECIMENTO GLOBAL, GASES DE EFEITO ESTUFA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 28
A CONSTRUÇÃO CIVIL 31
TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA 35
ARGUMENTO, PERGUNTA E OBJETIVOS DA PESQUISA 36
TCBC E O GRUPO DE PESQUISA HABIS 39
METODOLOGIA ADOTADA 41
ESTRUTURA DA TESE E ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS 43

CAPÍTULO 1: O CONCEITO DE TECNOLOGIA E TECNOLOGIA CONSTRUTIVA **45**

1.1. DA NATUREZA COMO FONTE DE CONHECIMENTO, E DO CONHECIMENTO COMO MECANISMO DE DOMINAÇÃO 46
1.2. TECNOLOGIA E PODER 54
1.3. O MODO DE PRODUÇÃO CAPITALISTA E ALGUMAS DE SUAS IMPLICAÇÕES 58
1.4. MAS, ENTÃO, O QUE É A TECNOLOGIA? 69
1.5 E A TECNOLOGIA CONSTRUTIVA? 71
1.6. TECNOLOGIA CONSTRUTIVA, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E ARQUITETURA 72
1.7. TECNOLOGIA E TECNOLOGIA CONSTRUTIVA: ALGUMAS CONCLUSÕES 84

CAPÍTULO 2: SUSTENTABILIDADE, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E CONSTRUÇÃO CIVIL **85**

2.1. SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: PONTO DE PARTIDA 86
2.2. MODOS DE PENSAR DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE 94
2.2.1 Manter o desenvolvimento alterando os seus mecanismos – Ignacy Sachs *94*
2.2.2. Crítica ao desenvolvimento enquanto crescimento econômico – "após-desenvolvimento" (post development) *100*
A Bioeconomia por Nicholás Georgescu-Roegen *102*
O decrescimento por Serge Latouche *105*
A Economia Estacionária por Herman Daly *107*
O Bem Viver *109*
2.3. CONSIDERAÇÕES PARA A DISCUSSÃO DE TCBC 110

CAPÍTULO 3: A DISCUSSÃO DA SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO **115**

3.1. BREVE HISTÓRICO DA SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO E SUAS BALIZAS 115
3.1.1. Os selos verdes *119*
3.1.2. A Agenda 21 para a construção civil dos países em desenvolvimento *120*
3.1.3. ACV como meio para concepção de novos processos *125*
3.2. PROJETO PARA A CONTINUIDADE: ABORDAGENS NECESSÁRIAS 128
3.2.1. Design para a desmontagem / desconstrução *130*
3.2.2. Design para a flexibilidade ou adaptação *132*
3.2.3. Reabilitação tecnológica (retrofit) *134*
3.3. SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO CIVIL: O QUE FICA? 135

CAPÍTULO 4: A QUESTÃO DO BAIXO CARBONO 139

4.1. UNFCCC, COP, PROTOCOLO DE QUIOTO E ACORDO DE PARIS – MARCOS NA DISCUSSÃO INTERNACIONAL ... 142
4.2. O BAIXO CARBONO NA CONSTRUÇÃO CIVIL – DISCUSSÃO PREDOMINANTE 153
4.2.1. A relação entre produção e uso de energia e a emissão de GEE 153
4.2.2. Dicotomia países desenvolvidos x países em desenvolvimento 160
4.3. O BAIXO CARBONO NA CONSTRUÇÃO CIVIL – DISCUSSÕES A SEREM REFORÇADAS 163
4.3.1. Potencializar o uso de materiais naturais e / ou pouco processados 164
4.3.2. As dificuldades do setor e os impulsos necessários 171
4.4. UM PASSO ADIANTE: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES 172

CAPÍTULO 5: TECNOLOGIA CONSTRUTIVA DE BAIXO CARBONO 175

5.1. O PERCURSO DA PESQUISA 175
5.2. TECNOLOGIA CONSTRUTIVA DE BAIXO CARBONO: CATEGORIA E CARACTERIZAÇÃO 185
5.3. PRINCÍPIOS TCBC 217
5.4. RELAÇÕES ENTRE AS CATEGORIAS E OS PRINCÍPIOS 219
5.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCÍPIOS E CATEGORIAS TCBC 222
5.6 CAMINHOS PARA NOVOS IMAGINÁRIOS SOCIOTECNOLÓGICOS 223
5.7 AGENTES E AÇÕES NECESSÁRIAS 228
5.8 ESPECULAÇÃO: A UNIVERSIDADE COMO ESPAÇO PRIVILEGIADO PARA EXPERIMENTAÇÕES 234

CONSIDERAÇÕES FINAIS 239

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 243

INTRODUÇÃO

Estamos diante de um cenário mundial marcado pela falta de entendimento e de cooperação em relação ao aquecimento global e aos resultados advindos deste fenômeno (BRULLE, 2020). Há uma profusão de discursos díspares e contraditórios. De um lado, a ideia de aquecimento global é colocada enquanto uma estratégia de mercado para aumentar a sua dominação[1] e manter a divisão do mundo entre países desenvolvidos "ricos" e os países subdesenvolvidos "pobres" (ONÇA, 2011). Parte do pressuposto de que os acordos mundiais restringiriam a capacidade de progresso das nações menos favorecidas ao estabelecer cotas para emissão de carbono – progresso, este, baseado na produção e consumo de bens materiais. Neste caso, os dados apresentados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change*[2] (IPCC), enquanto evidência do aquecimento global, seriam considerados manipulações.

Ainda neste grupo, aparecem argumentos de que os dados do IPCC seriam uma artimanha de ativistas ambientais, geralmente posicionados na esquerda política, contrários ao capitalismo. As discussões sobre aquecimento global, neste panorama, são consideradas um boicote ao progresso humano e à possibilidade de todos os povos alcançarem maior patamar de qualidade de vida através do crescimento econômico progressivo, pressuposto baseado no entendimento de que seria destino das nações pobres se equipararem ao desenvolvimento das ricas atingindo as suas medidas de acumulação e de consumo[3] (ONÇA, 2011). Neste argumento, a crença é de que o capitalismo visa a equidade de oportunidades e não a desigualdade e a concentração de bens e de capital.

Outra vertente entende que os estudos sobre o clima empreendidos até hoje não dão conta de representar a complexidade do funcionamento do planeta Terra, sendo os dados coletados ainda pouco

---

[1] De acordo com a pesquisadora Onça (2011), a discussão sobre o aquecimento global conforma "um movimento" que visa renovar as tradicionais estruturas de dominação capitalistas e é apoiado por cientistas e políticos cujo objetivo é manter a exclusão social sob o pretexto de compromisso com as atuais e futuras gerações.

[2] O IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change* ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) é uma organização científico-política criada em 1988 em conjunto pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Sua função é organizar avaliações científicas e técnicas sobre o tema, confiáveis e objetivas, que sirvam de referência para os tomadores de decisões - atores que podem influir em políticas públicas e nas ações dos diversos setores (autoridades, políticos, lideranças de empresas, sociedade civil etc.). São cinco relatórios: de Avaliação, Especial, Síntese, Técnico e Metodológico (IPCC, 2014).

[3] O desenvolvimento, neste cenário, vem sendo relacionado mais à capacidade de consumo que o acesso à qualidade de vida, como educação, lazer e direito à cidade. Além disso, já se sabe que para universalizar o padrão de consumo de bens materiais dos países mais ricos, como Japão e Estados Unidos, seriam necessários cinco planetas Terra, sendo que para manter o atual padrão marcado pela extrema desigualdade, já utilizamos quase dois planetas (BOFF, 2015; MARQUES, 2015). Esta relação diz respeito a quanto estamos extraindo de recursos do planeta e devolvendo em forma de resíduos e poluição, em relação à capacidade de renovação da biosfera, ou sua capacidade de suporte.

expressivos (CONTI, 2005) ou inconclusivos, utilizados mais em função de posicionamento político que em certeza científica (COLACIOS, 2014).

Os chamados negacionistas do clima estão agrupados no *Climate Change Countermovement* (CCCM – Contramovimento das Mudanças Climáticas), um conjunto de diferentes setores econômicos e representações sociais. A pesquisa comandada por Brulle (2019) aponta que o papel deste grupo é disseminar informações passíveis de confundir a população e promover incertezas sobre a ciência do clima em todas as mídias e fóruns de discussões. O mapeamento realizado pelo seu artigo localizou 179 organizações, chamadas pelo autor como coração do CCCM, distribuídas principalmente nos setores de carvão, aço e utilidades elétricas. Apesar de não haver um acordo explícito entre as diferentes organizações, entende-se que suas ações representam os interesses econômicos daqueles que se veem prejudicados pela discussão sobre o aquecimento global (GALE[4], 1986 apud BRULLE, 2019), em especial pela vertente que defende a urgência na adoção de ações efetivas, por vezes drásticas, para evitar os piores cenários projetados. Por isso, empregam recorrentemente táticas visando atrasar ações a favor do clima.

Por sua vez, do outro lado da discussão, há a publicação de um crescente número de pesquisas e dados científicos atestando a facticidade do aquecimento global baseadas em evidências coletadas em diferentes partes do mundo, cujo principal meio de divulgação são os relatórios periódicos do IPCC. A preocupação, para este grupo, é em relação à manutenção da existência da vida humana no planeta, independente do sistema econômico. Segundo os cientistas, pesquisadores e estudiosos do clima agrupados pela organização, o mesmo estilo que contribuiu para o aumento da qualidade de vida humana (não distribuída de forma igualitária, é importante ressaltar), também propiciou uma séria alteração nos fenômenos físicos responsáveis pelo equilíbrio biológico do planeta. Esta intervenção estaria provocando o aumento da temperatura e o surgimento de eventos climáticos inesperados, como diminuição das temperaturas baixas extremas, aumento das temperaturas altas extremas, alteração no ciclo de precipitações, elevação do nível do mar resultando em inundações em diversas áreas, alteração no comportamento das espécies com impacto nos rendimentos agrícolas e pesqueiros, derretimento dos mantos de gelo na Antártida e Groelândia, acidificação dos oceanos, alteração no ciclo hídrico (IPCC, 2014) dentre tantas outras mudanças já verificadas com alto grau de confiabilidade.

Nesta situação, a falta de ação diante dos fatos apontados contribuiria diretamente para o aumento da vulnerabilidade e da exposição dos ecossistemas e dos sistemas humanos a variabilidade climática (IPCC, 2014), a qual, acredita-se, será mais rápida que a capacidade humana e das diferentes espécies

[4] GALE, Richard. Social Movements and the State: The Environmental Movement, Countermovement, and Government Agencies. **Sociological Perspectives**, 29(2), p. 2020 – 2040, 1986.

em se adaptar[5] (IPCC, 2014; MARQUES, 2015). Os riscos estariam associados à insegurança alimentar, hídrica e energética, aumento da violência relacionada à fome e a migração territorial (refugiados do clima), aumento do abismo entre populações ricas e pobres, alastramento de vetores de doenças devido à alteração do comportamento das espécies - insetos, especialmente[6]. Cabe ressaltar que, diante de um cenário de eminente catástrofe, o desafio humano já seria no sentido de buscar meios para a sua adaptação a um novo contexto natural, sendo que as ações para a resiliência entre humanidade e meio ambiente seriam ineficazes e já ultrapassadas visto os atuais desdobramentos das alterações climáticas (IPCC, 2022).

Os países mais pobres, neste cenário, e as populações carentes presentes em qualquer país, seriam os mais prejudicados por possuírem recursos financeiros e tecnológicos escassos para lidar com situações inesperadas ou extremas, como a falta de água, o aumento no custo dos alimentos, epidemias e enchentes. A redução no rendimento agrícola[7], base da economia de países em desenvolvimento como o Brasil (*commodities* agrícolas), impactaria toda a sociedade e a sua organização, levando-a a uma séria crise política, econômico-financeira e, portanto, social (ANGELO, 2016). Sem contar, é claro, o risco de insegurança alimentar associado às dificuldades de produção agrícola.

Cabe frisar que os países mais pobres encontram maiores dificuldades em lidar com os resultados de desastres naturais como terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas e fenômenos meteorológicos extremos, como furacões, tornados, temporais, estiagens severas ou fortes ondas de calor ou frio, assim como fenômenos localizados naturais ou induzidos pelos homens, como deslizamentos, inundações, afundamento de superfícies e erosão (INPE, 2012). Para além das imensuráveis consequências humanitárias (risco de morte) e dos prejuízos materiais incalculáveis, a reconstrução de infraestrutura

---

[5] Segundo o IPCC (2014, p. 69): *"La adaptación puede reducir sustancialmente los riesgos de los impactos del cambio climático, pero cuanto mayor sea el ritmo y la magnitud del cambio climático, mayor es la probabilidad de sobrepasar los límites de la adaptación (nivel de confianza alto). El potencial de adaptación, así como las restricciones y limitaciones relativas a la adaptación, varían entre sectores, regiones, comunidades y ecosistemas. El alcance de la adaptación cambia con el tiempo y está estrechamente vinculado a las circunstancias y trayectorias de desarrollo socioeconómico".* Traduzindo livremente: A adaptação pode reduzir substancialmente os riscos dos impactos da mudança climática, mas quanto maior seja o ritmo e a dimensão da mudança climática, maior é a probabilidade de ultrapassar os limites da adaptação (nível de confiança alto). O potencial de adaptação, assim como as restrições e limitações relativas à adaptação, variam entre setores, regiões, comunidades e ecossistemas. O alcance da adaptação muda com o tempo e está estritamente vinculado às circunstâncias e trajetórias de desenvolvimento socioeconômico.

[6] Alguns documentários e filmes trabalham com este cenário de mudanças climáticas: *An Inconvenient Truth* (2006) de Davis Guggenheim; *The age of stupid* (2009) de Franny Armstrong; *Before the Flood* (2016), Fisher Stevens.

[7] Em entrevista concedida à Elisa Campos da revista Época, na seção Negócios do dia 03 de julho de 2017 o presidente da *Global Footprint Network* e um dos responsáveis pelo desenvolvimento do conceito de Pegada Ecológica Mathis Wackernagel faz a seguinte declaração a respeito da relação entre a agricultura e as mudanças climáticas: "A agricultura é uma atividade dependente do clima. Se o tempo se tornar totalmente errático, haverá tantas perdas na colheita que não valerá a pena plantar. Com o aquecimento global, estamos colocando a estabilidade do clima em risco. Há indicações de que mesmo se parássemos hoje de emitir gás carbônico, ainda assim excederíamos esse aumento da temperatura de 2°C, considerado por muitos cientistas o limite para manter as condições climáticas estáveis. Se o ultrapassarmos, a biosfera poderá perder significativamente produtividade. Não significa que a humanidade não conseguiria sobreviver, mas sobreviveria em números muito menores. Essa transição seria dolorosa" (CAMPOS, 2017).

urbana e social e o remanejamento de populações em risco não são ações facilitadas nestes países, estando sujeitas a conflitos e a disputas diversas.

Nesta pesquisa assumimos ser o aquecimento global um fenômeno verídico. Os dados apresentados pelo Sexto Relatório IPCC (AR-6, 2021) são explícitos e evidenciam a efetiva contribuição humana, por meio de operações antrópicas, para este cenário. São necessárias ações urgentes para que não seja atingido um cenário de precarização geral da vida humana e a extinção massiva de diferentes espécies animais e vegetais, assim como para a adaptação humana a um novo contexto. Para tanto, a criação, o aperfeiçoamento e o compartilhamento de tecnologias são fundamentais e essenciais, desde que estas sejam capazes de minimizar o impacto da ação humana sobre o meio ambiente e que, mais do que isso, possam colaborar efetivamente para o desenvolvimento humano acessível a todos de maneira generalizada e mais igualitária.

Considerando que a tecnologia é uma manifestação intrinsecamente humana (abordagem que será elucidada no capítulo 01) mobilizada para a resolução de problemas cotidianos, torna-se indispensável questionar as suas bases como forma de repensar os seus resultados. Ou seja, discutir a tecnologia de forma isolada, como resposta mágica aos nossos problemas comuns, não resultará em novos cenários – precisamos discutir os processos que resultam em tecnologias.

Aquecimento global, gases de efeito estufa e desenvolvimento sustentável

O aquecimento global é um fenômeno relacionado ao aumento dos chamados Gases de Efeito Estufa (GEEs) na atmosfera. A presença destes gases é fundamental para o equilíbrio térmico do planeta, pois garante que parte da radiação solar incidente permaneça na Terra tornando-a habitável. Sem esta camada de gases, todo o calor recebido pelo sol e irradiado pela superfície do planeta e pelas nuvens voltaria para o espaço fazendo com que sua temperatura média atingisse -18°C, ou seja, uma temperatura glacial (CONTI, 2005). Acontece que, mais intensivamente a partir da Revolução Industrial, próximo ao ano de 1750, estamos promovendo o acréscimo rápido das concentrações destes gases, em conjunto com outros poluentes, contribuindo para que mais energia solar seja absorvida e bloqueada pela atmosfera terrestre. Resultado disso é o aumento da temperatura média do ar e dos oceanos e a alteração das variáveis determinantes do clima[8]. Diante deste entendimento, a partir do Protocolo de

[8] Para entender melhor sobre o funcionamento do clima e as suas variáveis indicamos o livro do jornalista e pesquisador Claudio Ângelo com o título *A espiral da morte*, da editora Cia das Letras. Além de explicar didaticamente os fenômenos físicos e químicos da nossa biosfera e a influência do aquecimento global na atmosfera e nos oceanos, o livro apresenta relatos de visitas, entrevista com ativistas, pesquisadores, políticos, na tentativa de entender quais são os impactos do derretimento do gelo para a sociedade, meio ambiente e para a economia.

Quioto (1997), o desenvolvimento sustentável passou a estar associado a ações para a redução das emissões GEE – ou seja, ao baixo carbono.

GEEs como dióxido de carbono (CO_2), ozônio (O_3), e metano (CH_4) são constituintes naturais da biosfera, em conjunto com o vapor de água (60% do volume). O CO_2 é, entre os gases, o de maior concentração, por isso tanto destaque é dado a ele. Também é o principal gás emitido pela queima de combustíveis fósseis e pelo desmatamento. Não é, contudo, o de maior potencial de aquecimento global (GWP – *Global Warming Potential*). Óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6) clorofluorcarbono (CFC), perfluorcarbono (PFC) são gases emitidos por atividades humanas, contribuem para o efeito estufa, e são altamente impactantes, como pode ser verificado na Tabela 1. Além do elevado potencial de contribuição para o aquecimento global, muitos deles possuem uma permanência maior na atmosfera, podendo atuar durante séculos após a sua emissão. Alguns, inclusive, aumentam seu potencial de aquecimento ao longo dos anos.

Tabela 1 - Tipos de GEEs, sua concentração na atmosfera nos anos 2011 e 2019, tempo estimado de vida na atmosfera, potencial de aquecimento global (GWP) para os períodos de 20 e 100 anos.

GÁS	CONC. 2011*	CONC. 2019**	TEMPO DE VIDA*	GWP*** 20*	GWP 100*
Dióxido de carbono CO_2	391 ppm[a]	410 ppm	- [b]	1	1
Metano - CH_4	1.803 ppb[c]	1866 ppb	12,4 anos	84	28
Óxido Nitroso - N_2O	324 ppb	332 ppb	121 anos	264	265
Hexafluoreto sulfúrico - SF_6	7,28 ppt[d]	10 ppt	3.200 anos	17.500	23.500
Tetrafluorometano (PFC-14) - CF_4	79 ppt	109ppt	50.000 anos	4.880	6.630
Tetrafluoroetano (HFC-134[a]) – CH_2FCF_3	62,7 ppt	237 ppt	13,4 anos	3.710	1.300

Fonte: Adaptado IPCC (2013) e IPCC (2021).

* Dados retirados do relatório IPCC (2013).

** Dados retirados do relatório IPCC (2021).

***GWP - *Global Warming Potential* ou Potencial de Aquecimento Global: trata-se de uma medida relativa que compara o potencial de aquecimento dos demais gases em relação ao CO_2, estabelecido como potencial 1. É importante notar, pela tabela, que o CO_2 é o gás de maior concentração na atmosfera. No entanto, não é o mais impactante. Cabe destacar, ainda, que a medida CO_2 equivalente (CO_{2eq}) é uma padronização internacional para a quantificação de gases de efeito estufa realizada através do GWP. Desta maneira, uma pesquisa que trata da quantificação de GEE não irá apresentar os resultados descriminados por tipo, mas na medida geral de CO_{2eq}.

[a] ppm – partes por milhão se refere à concentração do gás no ar.

[b] não há consenso sobre este dado.

[c] ppb (partes por bilhão) se refere à concentração do gás no ar.

[d] ppt (partes por trilhão) se refere à concentração do gás no ar.

Os GEEs resultam principalmente: a) da produção e consumo de energia utilizada nas mais diferentes atividades, como para o funcionamento de edificações e seus diferentes equipamentos e para o transporte, sendo a matriz mais impactante a de origem fóssil (petróleo e carvão mineral); b) do uso, alteração do uso do solo, bem como do desmatamento; c) dos diferentes processos industriais, em especial aqueles que promovem a alteração química dos materiais; d) da fermentação entérica de

animais, como os bovinos, e de cultivos alagados (ver Quadro 1). Por sua vez, o aumento da temperatura reforça o descongelamento de geleiras liberando os gases geologicamente estocados, principalmente o metano.

De acordo com o IPCC (2014), as emissões são tão ou menos intensas de acordo com o tamanho e o estilo de vida da população de cada país, do modelo de sua atividade econômica, de sua matriz energética empregada, dos padrões de uso e exploração do solo, dos cuidados com reservas florestais, da tecnologia utilizada e das políticas climáticas instituídas.

Quadro 1 - Tipos de GEEs e fonte de emissão quando resultado da ação humana.

GÁS	FONTE ANTRÓPICA DE EMISSÃO
Dióxido de carbono - CO_2	Uso de combustíveis fósseis para a produção de energia (transporte, aquecimento, resfriamento, processos industriais); desmatamento de florestas sem reposição de vegetação; alteração do uso do solo; processos industriais, como produção de cimento, cal e aço; queima de pastos e florestas;
Metano - CH_4	Decomposição da matéria orgânica (aterros sanitários, lixões e reservatórios de hidrelétricas onde havia vegetação abundante); fermentação entérica de gado e cultivo de arroz; degelo de *permafrost;* produção, processamento e queima de combustíveis fósseis;
Óxido Nitroso - N_2O	Tratamento de dejetos animais; uso de fertilizantes; queima de combustíveis fósseis e de madeira; processos industriais;
Hidro Fluor Carbonos - HFC	Produção e uso de aerossóis e refrigeradores (substitutos dos clorofluorcarbonos - CFCs);
Perfluorcarbonos - PFCs	Produção e uso de gases refrigerantes, solventes, propulsores, espuma e aerossóis;
Hexafluoreto sulfúrico - SF_6	Processos relacionados à Isolamento térmico e condução de calor.

Fonte: Adaptado do relatório IPCC (2014), Agopyan e John (2011) e das informações disponíveis no site do Ministério do Meio Ambiente[9].

A despeito de todas as implicações relacionadas ao nosso modo de vida para o aquecimento global, tem sido dedicada notável atenção à produção e ao consumo de energia[10]. Decorrente disso, verifica-se o número crescente de pesquisas que relacionam tecnologia de baixo carbono e energia, como será apresentado ao longo deste trabalho. E não é para menos. O IPCC (2014) estima que 49,17% das emissões de GEE procedem de setores econômicos relacionados à produção e ao consumo de energia.

Se, por um lado, a produção e o consumo de energia são considerados altamente impactantes, por outro, são fundamentais para a realização de todas as atividades econômicas (produção e distribuição de mercadorias, redes de comunicação, comércio eletrônico, mercado financeiro, etc.) e cotidianas (locomoção, conservação e processamento de alimentos, lazer, segurança, comunicação, saúde, etc.). Uma análise dos principais tratados mundiais, relatórios e pesquisas permite afirmar estarem as

[9] Site do Ministério do Meio Ambiente: http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global.
[10] Entre os principais temas estão: eficiência energética, tecnologias para geração de energia com uso de recursos naturais renováveis, economia no uso de recursos naturais e energéticos, aperfeiçoamento do processo de produção de bens.

principais medidas para a redução das emissões centradas na eficiência, tanto da geração e quanto do consumo de energia, bem como no aumento do uso de fontes de origem renovável.

No entanto, o risco que corremos, a partir desta postura, é o de simplificar toda a discussão sobre aquecimento global e sustentabilidade invertendo a sequência de causas e efeitos. Isso porque, neste caso, alinham-se os esforços na busca pela eficiência energética sem considerar que o uso de energia é apenas um dos aspectos relacionados ao atual modo de produção, e que a produção, o consumo e o uso de energia decorrem deste arranjo, não do contrário. Afinal de contas, o modelo de exploração da natureza e da produção de energia não são escolhas isoladas, mas escolhas humanas incluídas em um contexto muito mais amplo relacionado à economia, política e a própria organização da sociedade (SILVA, 2000). O aquecimento global é resultado deste contexto, assim como as soluções tecnológicas que aplicamos em nossa relação com o mundo.

Há ainda que se questionar para qual cenário estes esforços nos encaminham: garantimos maior equidade social, igualdade de oportunidades, redução da pobreza, manutenção da riqueza ambiental quando focamos nossas ações em eficiência energética e redução de emissões? Qual é a verdadeira contribuição da sustentabilidade dentro desta discussão? Seria mesmo a redução da emissão de gases de efeito estufa um caminho para o "desenvolvimento sustentável"? E, ainda, existe mesmo a possibilidade de um "desenvolvimento" e, mais que isso, "sustentável", nas atuais condições em que estamos inseridos?

A construção civil

A construção civil, da qual a arquitetura é parte constituinte (FERRO, 2010), implica um complexo processo produtivo. Ela é responsável pela construção de parte significativa da base material humana, qual sejam, edificações (habitacionais, institucionais, comerciais, de prestação de serviços) e infraestrutura (redes de abastecimento de água, energia, dados, drenagem urbana, arruamento, redes de transporte incluindo pontes, viadutos, metrôs etc.). Para tanto, contempla diferentes tipos de produtos e serviços em sua cadeia de produção, como fabricantes e fornecedores de materiais e componentes construtivos, o mercado imobiliário, os serviços especializados ou produtores (arquitetos, engenheiros, operários de obra com diferentes competências), serviços de produção, de venda e de locação de máquinas e equipamentos, o cliente (investidor), o usuário etc., sem contar, ainda, os diferentes agentes envolvidos, do poder público (organizações reguladoras), da academia e das entidades de classe (MARCEAU *et al*., 1999). Ou seja, tal como o setor se organiza contemporaneamente, inclui o capital, a

organização do trabalho, os meios de produção e muito conhecimento (CHEMILLIER, 1980; SHIMBO; LOPES; INO, 2016), conformando uma importante atividade econômica (FARAH, 1996).

A participação do setor na contabilidade do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro é expressiva, chegando a 6,5% em 2012, estando em 3,7% em 2019, num momento de retração e crise política e econômica[11] (DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONOMICOS - DIEESE, 2020). No primeiro trimestre de 2020 ocupou, formal e informalmente, 6,38 milhões de pessoas, menor índice registrado desde 2012 (DIEESE, 2020[12]). Apesar deste momento desfavorável, trata-se de um setor com enorme capacidade de multiplicar serviços, portanto, postos de trabalho, estimulado historicamente enquanto "alavanca" econômica, política e social em momentos de crescimento e de crises financeiras (MARICATO, 2010). Um exemplo é a política instituída pelo governo federal (entre 2007 e 2010) com o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

Devido à sua dimensão e complexidade, também é um setor responsável por expressivo impacto ambiental. Segundo Edwards (2013) a indústria da construção civil consome 50% dos recursos mundiais, sendo considerada uma das atividades menos sustentáveis do planeta. De acordo com o relatório *UNEP Emissions Gap* de 2020, no ano de 2018 o setor de edificações foi responsável pelo consumo de 36% da energia final produzida e pela emissão de 39% de CO_2 associados à produção de energia (GLOBAL ABC/IEA/UNEP[13], 2020). A despeito do tamanho do impacto, as emissões apresentadas representam um dado parcial uma vez que não contabilizam os gases emitidos durante a extração e fabricação dos materiais, as diferentes etapas de transporte, a mudança de uso de solo, o descarte final de demolições – todas as etapas pertinentes à construção, uso e demolição das edificações.

Naquilo que concerne à sustentabilidade, as principais propostas do setor prezam pela economia dos meios. Agopyan e John (2011) são autores brasileiros que trabalharam para a elaboração da *Agenda 21 da construção sustentável em países em desenvolvimento*, documento formulado a partir da *Agenda 21 on Sustainable Construction*, referência mundial no campo. Apesar de realizarem uma análise abrangente do setor, ampliando suas frentes de investigação, os autores sintetizam itens entendidos como fundamentais para a prática da construção civil sustentável:

> [...] redução das perdas de materiais na construção; aumento da reciclagem de resíduos como materiais de construção; eficiência energética nas edificações; conservação de água; melhoria da qualidade do ar interno; durabilidade e manutenção; redução do déficit de habitações,

[11] De acordo com o documento, o setor apresentou forte retração a partir de 2014, impactado pelas investigações da operação Lava-Jato. De 2014 a 2019 o setor acumulou retração de cerca de 30% em suas atividades (DIEESE, 2020).

[12] Informações levantadas no banco de dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

[13] GLOBAL ABC/IEA/UNEP é o conjunto da Global *Alliance for Buildings And Construction*, *International Energy Agency*, e do *United Nations Environment Programme*.

> infraestrutura e saneamento; melhoria na qualidade do processo produtivo" (AGOPYAN; JOHN, 2011, p. 35).

Redução das perdas, reciclagem de resíduos, eficiência energética, conservação da água, melhoria na qualidade do processo produtivo possuem relação direta com a economia de insumos, ligados mais à eficiência do processo de produção, portanto a um problema econômico (O'CONNOR, 2000), do que à preocupação com o meio ambiente, apesar de beneficiá-lo em algum grau. Não representam, desta maneira, nenhuma mudança substancial no modo como se produz. Além disso, a apropriação dos itens no desenvolvimento do projeto, em geral, de maneira fragmentada e instrumentalizada, tem permitido categorizar diferentes edificações como "sustentável" quando claramente não são. Como veremos, ser sustentável deve mobilizar questões mais complexas de que apenas a incorporação de mecanismos de economia na edificação, como lâmpadas eficientes e placas de aquecimento solar.

Redução do déficit de habitações, infraestrutura e saneamento carece mais de vontade política que de soluções tecnológicas. Temos acompanhado como esta questão também se tornou uma questão mais mercadológica que social. O Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV, por exemplo, foi desenhado priorizando eficiência do negócio em detrimento da qualidade da moradia e da cidade, como podemos ver pelo trabalho de Santo Amore, Shimbo e Rufino (2015) e Shimbo (2010). Incluir estes itens na agenda da sustentabilidade sem qualificá-los pode levar a soluções duvidosas e mesmo contraditórias.

Durabilidade e manutenção, por outro lado, trazem uma possível novidade. Num mundo marcado pela descartabilidade produzir para a máxima permanência das edificações é algo importante, estabelece um contraponto que exige novas formas de concepção do ambiente construído e de alterações culturais, já que a obsolescência programada também é fruto de exigência dos consumidores (AGOPYAN; JOHN, 2011). Representa, ainda, um desafio aos profissionais da construção civil, principalmente na etapa de concepção projetual, ao trabalhar com conceitos de design para a adaptabilidade, flexibilidade, desconstrução e desmontagem. Tende a mobilizar o mercado de materiais construtivos na proposta de novas soluções e tecnologias construtivas, também o estímulo a novas habilidades profissionais, como aquelas empregadas para a manutenção das edificações.

No que se refere aos gases de efeito estufa no setor, Agopyan e John (2011) apontam que as emissões se concentram em três momentos principais, a saber:

a) Na produção dos materiais de construção: através da utilização de combustível fóssil na fabricação e transporte de materiais; pela decomposição do calcário e outros carbonatos durante o processo de calcinação responsável pela produção de cimento, aço, alumínio, cerâmicas, vidros; e pela extração de madeira nativa (alteração do uso do solo), em especial a não manejada, para a produção de materiais e uso enquanto combustível;

b) No uso dos edifícios: através do consumo de energia operacional, a qual se utiliza de combustíveis para condicionamento ambiental (aquecimento e refrigeração), aquecimento de água, funcionamento de máquinas e equipamentos elétricos e eletrônicos; e emissões indiretas relacionadas à eletricidade adquirida por terceiros;
c) No transporte de materiais e resíduos: através do uso predominante do transporte rodoviário baseado no consumo de diesel.

Os autores não consideram, nesta discussão, as emissões de gases resultantes da alteração do uso do solo para a extração de materiais e matérias primas, a organização das cidades em nível de urbanismo, as soluções construtivas e o modelo de apropriação do espaço. As considerações dadas pelos autores tratam da necessidade de melhoria da eficiência do setor, na produção de materiais menos intensivos em energia e em emissão de gases e poluentes, e no uso também eficiente da edificação.

Em outro importante documento, *Agenda 21 on Sustainable Construction* (CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT[14] - CIB, 1999), a eficiência energética nas edificações é colocada como um setor chave para a "construção sustentável", principalmente no que diz respeito às medidas visando a diminuição do consumo de energia e da sua estocagem. Neste sentido coloca estratégias de conforto ambiental como um ponto importante a ser considerado:

> Emerging new energy saving technologies marked out for sucess in the next decade involve super insulation, passive heating / cooling, day lighting / passive lighting together with the use of renewable energy sources. These Technologies will require new designs of roof, facade and foundations (e.g. for heat / cold storage). Another consequence is that architects and designers should integrate their building and system designs thereby allowing easy retrofit of these components during the lifetime of the buildings[15] (CIB, 1999, p. 69).

Como veremos ao longo da tese, apesar das diferentes abordagens discutidas, os principais esforços feitos para a minimização dos impactos do setor da construção, em especial da edificação, centram na questão da escolha do material construtivo, optando por aqueles ambientalmente corretos, como materiais naturais ou resultantes de reciclagem; na melhoria do processo de produção, em ações como minimização dos desperdícios de materiais e de energia e na destinação correta dos resíduos; e na eficiência energética das edificações através de estratégias passivas de conforto ambiental.

---

[14] Em português, Conselho Internacional de Construção, alterado em 1998 para Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação na Construção (com manutenção da abreviação inicial).

[15] Traduzindo livremente: "O surgimento de novas tecnologias de economia de energia, marcadas para o sucesso na próxima década, envolvem super isolamento, aquecimento e resfriamento passivo, iluminação diurna / iluminação passiva em conjunto com o uso de fontes renováveis de energia. Estas tecnologias demandarão novos desenhos de telhado, fachada e fundação (por exemplo, para armazenamento de frio e calor). Outra consequência é que arquitetos e designers deverão integrar o projeto de edificação e de sistemas a fim de permitir fácil manutenção em todos os componentes durante a vida útil da edificação".

Apesar da importância, tais ações, no mais das vezes, não questionam o modelo de produção que caracteriza o setor e, por isso, não enfrentam assuntos mais profundos que poderiam colaborar para uma ação mais contundente e holística, como a lógica de produção em escala de materiais e edificações, o uso universal dos mesmos materiais, independentemente do seu local de aplicação, a constante substituição do trabalhador mais qualificado por processos simplificados de trabalho, a questão fundiária e a lógica de expansão das cidades. Ao desconsiderar o conjunto de relações de produção implicadas na construção do ambiente, seja deliberadamente ou devido à dificuldade inerente em se apreender e articular uma cadeia produtiva de tal dimensão e complexidade, a sustentabilidade acaba por ser abordada de maneira parcial, e assim, insuficiente, se o que se busca é a limitação de suas emissões.

Tecnologia e Sustentabilidade na Arquitetura

Estando a arquitetura e a construção civil inseridas no campo de produção material da vida, é inevitável discutir o atual modo de produção, o qual determina a tecnologia, para compreender os reais alcances da sustentabilidade. O aquecimento global é consequência da emissão dos gases de efeito estufa provenientes do arranjo dos diferentes processos produtivos em aspectos relacionados à produção, distribuição e consumo de bens e serviços. E é potencializado, entre outros motivos, porque os produtos vêm sendo formulados para seu uso subsequente, para a manutenção da circulação e do consumo que sustentam a economia – ou seja, visando atender a lógica produtivista que mantém o funcionamento do sistema econômico. O modelo baseado em extrair, utilizar, descartar[16] (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - EMF, 2015) define bem a nossa relação com o meio ambiente e com a sociedade. Para tanto, a obsolescência programada passa a ser uma escolha, para além da capacidade técnica e tecnológica em propor invenções melhores e mais duradouras. O custo, as taxas de lucro e a velocidade do retorno de investimentos definem, assim, o desenho da tecnologia (HARVEY, 2016).

Como nos apresenta Harvey (2016), são próprios do sistema econômico capitalista a criação contínua de novas necessidades e o incentivo ao consumo vinculado ao crescimento econômico, o qual não pode parar sob o risco de perda de capacidade de concorrência e, portanto, de sobrevivência no mercado. Assim, além dos aspectos discutidos, a insatisfação permanente, a necessidade crescente pelo novo que impulsiona a querer mais, diferente, constituem parte da estratégia de manutenção própria do sistema (SANTOS, 2003). Neste contexto, a inovação tecnológica torna-se uma importante ferramenta,

[16] "*Extrair, transformar e descartar*" representa o conceito linear do nosso atual modelo de produção e consumo de bens, o qual segue o caminho da exploração de grande volume de energia e matéria prima, esta última geralmente extraída virgem do meio ambiente, sua transformação industrial, consumo rápido e descarte subsequente. Este movimento coloca o meio ambiente enquanto estoque de recursos e, ao mesmo tempo, depósito de grandes volumes de resíduos (EMF, 2015).

e mesmo "[...] um objeto de fetiche do desejo capitalista [...]", resultando, no mais das vezes, na "[...] inovação pela inovação" (HARVEY, 2016, p. 96).

Por sua vez, pautar a discussão da sustentabilidade pela melhoria, aperfeiçoamento e máxima eficiência dos processos produtivos, como vem ocorrendo, não coopera para grandes avanços no campo, principalmente para a redução dos impactos e das emissões de gases. Colabora, sim, para a economia de meios, o que em si é algo fundamental para a manutenção do sistema produtivo capitalista diante do incremento populacional e da lógica de expansão da produção. Como afirma a pesquisadora Silva (2000) ações baseadas em eficiência visam minimizar os riscos de uma pressão inflacionária sobre os recursos, e por isso se apoiam em estratégias de redução de desperdício de material, energia e mão de obra.

O aumento da concentração de GEE é resultante deste conjunto de decisões, o qual também perpassa a construção civil. Tendo isso em vista, se faz fundamental problematizar a tecnologia para discutir a sustentabilidade, já que o desenvolvimento tecnológico vem sendo defendido enquanto ferramenta para alcançar a sustentabilidade (CIB, 1999; UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC, 1997). E mais, é necessário entender e revelar como o sistema que determina as escolhas tecnológicas colabora para o quadro que se quer refutar.

Argumento, pergunta e objetivos da pesquisa

Esta tese trata da discussão sobre tecnologias construtivas e arquitetura sustentável, mais precisamente sobre a concepção e a caracterização de tecnologias construtivas de baixa emissão de carbono que sejam capazes de reduzir a contribuição das práticas construtivas para o avanço do aquecimento global e das mudanças climáticas subsequentes. Para tanto, propõe discutir a tecnologia e a sustentabilidade principalmente de modo a ultrapassar as questões da eficiência e da economia de meios, ora tratadas como centrais em ambas as concepções. Parte do entendimento de que estas abordagens são insuficientes para garantir a redução de emissões de GEE e estão associadas à manutenção de outros impactos também não solucionados, muitas vezes agravados diante da ausência de ações mais contundentes.

Sendo a tecnologia uma das manifestações humanas, ela não é imutável (FEENBERG, 2015; MARCUSE, 1996), mas resultado de decisões amparadas em objetivos específicos. Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono (TCBC) se propõe a entender as bases das decisões sociais, não para reproduzi-las, mas para superá-las. Trata-se de estabelecer diretrizes para "outras" ações destinadas a construção da edificação, discutindo de maneira ampliada e conexa não apenas aplicação dos diferentes recursos (materiais, energéticos, humanos), mas também os instrumentos de trabalho, os arranjos

produtivos, a qualidade construtiva e espacial, o trabalhador e a organização do trabalho, o acesso à informação e ao conhecimento – isto é, o modo de produzir e de organizar a produção.

Por meio desta abordagem, que se propõe mais sistêmica que aquela vinculada a apenas um aspecto ou outro da construção, espera-se contribuir para a criação, o aperfeiçoamento e o compartilhamento de tecnologias capazes de minimizar o impacto da ação humana sobre o meio ambiente, em especial as emissões de GEE e, mais do que isso, colaborar efetivamente para a melhoria da qualidade de vida das pessoas mediante formas dignas de reprodução material e social.

Diante desta problemática, o **objetivo desta tese** é conceituar e caracterizar Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono – TCBC. A **pergunta** que norteia este trabalho de pesquisa é: O que é Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono? Como conceituar e caracterizar Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono?

Por que conceituar? Todo o conceito se traduz num esforço racional de compreensão da realidade, imprescindíveis ao pensamento crítico "[...] porque ainda que uma relação de dominação possa sobreviver socialmente sem nenhum conceito que a ela apreenda, dificilmente será questionada e transformada sem tal conceito. Dispor de conceitos amplia as possibilidades de discernimento e ação" (KAPP, 2018, p. 222). Toda a construção de conceito é um esforço em criar uma representação geral e abstrata de uma realidade, de modo a torná-la mais facilmente explicável, logo, questionável e transformada. De acordo com Deleuze e Guattari (1992, p. 27 e 28): "Todo conceito remete a um problema, a problemas sem os quais não teria sentido, e que só podem ser isolados ou compreendidos na medida de sua solução". Ainda, de acordo com os autores, todo o conceito é definido por um conjunto de componentes, ora articulados, cortados ou sobrepostos. Este conjunto resulta em um contorno irregular definido pela cifra / valor destes componentes:

> O conceito define-se pela inseparabilidade de um número finito de componentes heterogêneos percorridos por um ponto em sobrevoo absoluto, à velocidade infinita. [...] O conceito é, portanto, ao mesmo tempo absoluto e relativo: relativo a seus próprios componentes, aos outros conceitos, ao plano a partir do qual se delimita, aos problemas que se supõe deva resolver, mas absoluto pela condensação que opera, pelo lugar que ocupa sobre o plano, pelas condições que impõe ao problema. É absoluto como todo, mas relativo enquanto fragmentário (DELEUZE; GUATTARI, 1992, p. 32 e 33).

Nesta pesquisa alteramos a palavra "componentes" por "princípios", a fim de delimitar o nosso conceito de TCBC. Princípios, no sentido definido pelo dicionário Dicio[17], de ser aquilo que fundamenta ou pode ser usado para embasar alguma coisa, ou como proposição imprescindível para que um raciocínio seja

[17] Disponível no dicionário online Dicio em https://www.dicio.com.br/principio/

fundamentado. Estes princípios serão sintetizados e formulados a partir da revisão bibliográfica sobre as noções chaves de baixo carbono, tecnologia e sustentabilidade – o tripé desta pesquisa.

A proposta de mergulho nestes três eixos de discussão decorre do entendimento de que eles são atualmente discutidos e propostos como modo de alterar o paradigma da construção civil, reduzindo seus impactos negativos e ampliando os positivos. A proposição de tecnologia de baixa emissão de carbono é colocada como caminho para o desenvolvimento sustentável pelo Protocolo de Quioto. Trata-se de entendimentos embaralhados que possuem suas especificidades e um universo de pressupostos a serem revelados.

Também é fundamental compreender que o percurso que levou a humanidade a este quadro de vulnerabilidade está relacionado ao modo como ela resolve a base material de sua sobrevivência, cujos princípios se incorporam ao próprio entendimento e manifestação de sustentabilidade, tecnologia e baixo carbono, condicionando suas propostas e práticas. Apreender o que se entende por sustentabilidade, tecnologia e baixo carbono, em especial na construção da edificação, é o primeiro passo neste sentido. Uma vez compreendida as contradições e insuficiências evocadas a favor de uma tecnologia construtiva sustentável de baixo carbono (ainda que este termo não exista) é possível vislumbrar outros caminhos.

Em resumo, esta tese se propõe a delinear um constructo teórico articulando as noções de tecnologia, sustentabilidade e baixo carbono que resulte em desdobramentos prescritivos para o campo da arquitetura e da construção, qual seja, uma tecnologia construtiva de baixo carbono, formulado a partir de uma dimensão teórica crítica, sobretudo ao modo de produção capitalista. Partimos do argumento, justamente, de que o modo como atualmente organizamos a produção da arquitetura é o que a torna uma atividade mais insustentável, ainda que inerentemente basilar.

Aqui se fazem necessários três esclarecimentos, ou reforços de entendimento: 1) produzir o espaço, as edificações, é uma atividade que altera o meio ambiente já que demanda seus recursos, ainda que eles sejam transformados pelas invenções humanas. Poderia, só por isso, já ser categorizada enquanto uma atividade insustentável, sendo admitido por diferentes pesquisadores que não existe nada sustentável, mas sim mais ou menos sustentável a depender da base de comparação. No entanto, a forma como o setor da construção se organiza contemporaneamente (e não só a construção), baseado na lógica da produtividade, tem potencializado os seus impactos, não apenas os ambientais; 2) este trabalho parte da crítica ao modo de produção capitalista, não propõe uma solução a ele, mas almeja delinear entendimentos e ações para a sua problematização e, quiçá, num horizonte distante, a sua superação; e 3) existe uma tensão inerente a este trabalho, já que ele parte da crítica (da sustentabilidade, da tecnologia e do baixo carbono) para propor alguma prescrição e ela se “materializa” justamente na tese de uma tecnologia construtiva de baixo carbono. Neste sentido, a contradição emerge do movimento de

negação e proposição, e acreditamos estar justamente neste tensionamento a chave para se promover alguma mudança substancial na nossa relação com o mundo – o que resulta desta tensão seria como um novo universo de possibilidades.

Isto posto, o Quadro 2 apresenta os **objetivos específicos** deste trabalho, fonte de coleta e produtos:

Quadro 2 - Objetivos específicos da pesquisa e produtos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	FONTE DE COLETA	PRODUTO
1) Compreender o que é tecnologia e tecnologia construtiva, por que e como são projetadas e difundidas, e quais são suas implicações para a discussão da sustentabilidade e do baixo carbono na construção civil;	Referências bibliográficas;	Fichas de resumos, tabelas de dados;
2) Mapear e analisar as discussões sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável e quais são os resultados, as contradições e as insuficiências do conceito posto em prática, tanto no geral quanto no campo da arquitetura e construção civil;	Referências bibliográficas;	Fichas de resumos, tabelas de dados;
3) Pesquisar formas alternativas de discussão sobre desenvolvimento, em seu aspecto mais geral, e de práticas sustentáveis, particularmente na arquitetura e construção civil;	Referências bibliográficas;	Fichas de resumos, tabelas de dados;
4) Mapear e analisar quais são as principais discussões sobre baixo carbono no geral e na arquitetura e construção, quais seus resultados, contradições e insuficiências diante da questão do aquecimento global;	Referências bibliográficas;	Fichas de resumos, tabelas de dados;
5) Elaborar princípios / categorias capazes de definir e caracterizar TCBC a partir da discussão sobre tecnologia, sustentabilidade e baixo carbono, em especial, da análise crítica das noções chaves;	Quadros, diagramas e fichas elaboradas nas fases anteriores;	Princípios de TCBC; caracterização dos princípios;
6) Apontar / compreender quais são as condições e os limites para a difusão e o desenvolvimento de TCBCs.	Referências bibliográficas;	Análise de possibilidades e indicação de ações.

Fonte: Autora, 2022.

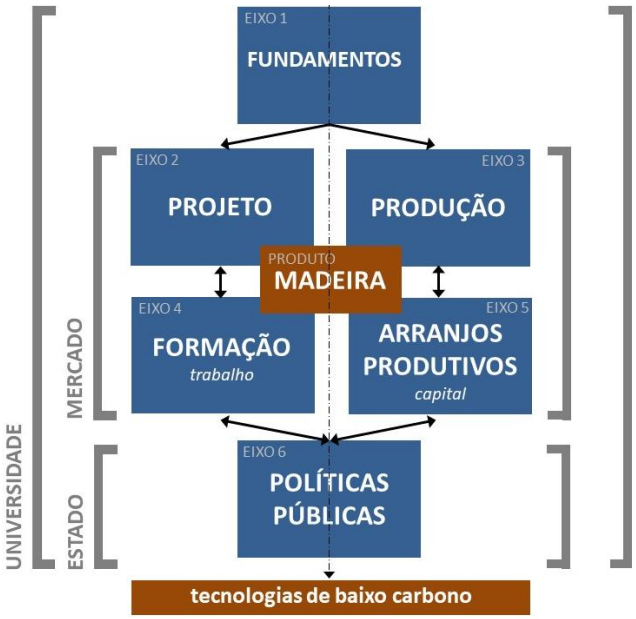
TCBC e o Grupo de Pesquisa Habis

TCBC foi um termo elaborado pelo Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – Habis, do Instituto de Arquitetura e Urbanismo – IAU, da Universidade de São Paulo – USP, pelos seus coordenadores Akemi Ino, João Marcos de Almeida Lopes e Lúcia Zanin Shimbo, entre 2015 e 2016, para o projeto “Tecnologias Construtivas de Baixo Carbono - TCBC: a madeira e os novos paradigmas para a arquitetura e a construção”. Desde então, parte dos pesquisadores do grupo têm-se debruçado

sobre o tema nos diferentes eixos de investigação propostos, seja em pesquisas científicas individuais[18], disciplinas optativas ou projetos de extensão[19].

O projeto estrutura-se em seis eixos, conforme apresentado na Figura 1: 1) Fundamentos teóricos sobre TCBC-Madeira; 2) Projeto de TCBC-Madeira; 3) Produção de TCBC-Madeira; 4) Formação em TCBC-Madeira; 5) Arranjos produtivos; e 6) Políticas públicas. A proposta articula ações concernentes ao Estado, ao mercado e às universidades direcionadas para a concepção de outros modos de construir, em especial, as edificações e os seus diferentes componentes e sistemas.

Figura 1 - Eixos estruturantes do projeto de pesquisa.



Fonte: Habis, 2016.

A definição do conceito de "Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono - TCBC" compõe o Eixo 01 do projeto. Trata-se de uma lacuna de pesquisa, pois o conceito ainda não foi definido por nenhum trabalho desenvolvido no Brasil ou no exterior, principalmente pela abordagem aqui proposta: extrapolar a arquitetura e a construção enquanto campos do conhecimento isolados e suficientes em si. Como discutido, trata-se de uma atividade produtiva complexa que envolve diferentes setores, e cujos efeitos se distribuem social, política, ambiental e economicamente. Sendo assim, ações efetivas a favor da

[18] Outras pesquisas derivadas deste projeto, já finalizadas, são: "Difusão da construção em madeira no Brasil: agentes, ações e produtos" (2018) de Erich Kazuo Shigue; "Certificação ambiental e habitação no Brasil: agentes e requisitos urbanísticos e arquitetônicos" (2018) de Ana Carolina Carvalho Figueiredo; "A experimentação construtiva em madeira como instrumento de ensino-aprendizagem nas escolas de arquitetura" (2019) de Mônica Duarte Aprilanti; "Estruturas em madeira: forma e método" (2020) de Marcelo Aflalo; "Painel de vedação vertical pré-fabricado em madeira" (2020) de Frederico Beloti Ghelere; "Habitações de madeira: investigação do *Cross Laminated Timber* como alternativa para o morar sustentável no Brasil" (2021) de Tatiana de Oliveira Chiletto; "Arquitetura sustentável? Quando o discurso não mais sustenta um futuro para a prática arquitetônica" (2022) de Rita de Cássia Pereira Saramago.

[19] Aqui pode-se incluir as edições do Canteiro Escola: TCBC: Módulo Terra (2019); TCBC: Módulo Bambu (2019); TCBC: Módulo Infra Verde (2019). Mais informações em <https://canteiroescola.wordpress.com/apresentacao/>.

redução das emissões de GEE e da sustentabilidade na arquitetura e na construção precisam discutir e atuar nas engrenagens do modo de produção do espaço, aspectos definidos pela tecnologia.

É importante pontuar que conceituação definida por esta tese é inicial e genérica em termos de materiais, e não tem como objetivo focar nas tecnologias voltadas à madeira. Isso porque, apesar do recorte colocado pelo projeto principal (madeira), é de entendimento do grupo a existência de outros materiais construtivos potenciais de serem considerados TCBC, a serem explorados em futuras pesquisas. Também se faz importante pontuar aqui, de antemão, que nenhum material poderá ser considerado TCBC isoladamente sem considerar todo o seu processo de produção, circulação, aplicação e descarte, como será esclarecido por esta tese.

Metodologia adotada

Esta pesquisa se insere no universo das pesquisas exploratórias definidas por Gil (2002) como aquelas que proporcionam maior familiaridade com o problema. Como principal estratégia metodológica é adotada a argumentação lógica, a qual visa a criação de uma estrutura coerente capaz de subsidiar explicações, organizando uma realidade ampla e díspar sob um domínio[20] (WANG, 2013). Em essência, concebe um sistema de significados comuns conectando um grupo prévio de fatores dispersos, ainda desconhecidos ou não apreciados em conjunto. Este sistema permite novas maneiras de pensar ou observar fatos antigos ou fenômenos existentes para, assim, propor novas ações e abordagens. Trabalhos que aplicam argumentação lógica tendem a ter como resultado a concepção de um sistema conceitual com amplo poder explanatório e retórico – tal qual pretendemos com a definição de TCBC.

A argumentação lógica, de acordo com Wang (2013), possui três características principais: 1) tende à inovação paradigmática ao criar sistemas explicativos inovadores mesmo que seja apenas rearticulando fatores já conhecidos; 2) propõe argumentos de partida (*a priori*) a partir dos quais são supostas consequências; e 3) tende à interdisciplinaridade, podendo a ser aplicada para além do objeto inicialmente analisado.

Toda a construção de sistema em argumentação lógica parte da identificação e definição de um conjunto de palavras / signos / termos técnicos (do sistema tanto quanto do seu conteúdo) que seja capaz de garantir a identidade conceitual da pesquisa (WANG, 2013). Nesta pesquisa, a definição do conjunto de termos técnicos será desenvolvida através da revisão da literatura, pelo mapeamento dos pontos-chaves relacionadas às noções de sustentabilidade, tecnologia e baixo carbono, conforme apresentado.

[20] De acordo com Wang (2013), domínio corresponde à área conceitual de uma estrutura lógica.

A definição dos termos técnicos é a primeira etapa de uma construção sistêmica, também uma das mais importantes, pois a fragilidade deste tipo de pesquisa está justamente na delimitação equivocada ou insuficiente de sua base. Para esta definição, Wang (2013) recomenda um esforço de síntese que resulte em um número reduzido de princípios capazes de representar a essência do problema proposto – o que chama de **princípio de quantidade**, qual seja, é a quantidade numérica de princípios. Como exemplo, menciona os cinco princípios da Arquitetura Moderna de Le Corbusier[21], os quais, em conjunto, caracterizam o objeto observado – ou seja, uma edificação só é moderna, na referência do arquiteto, se apresenta simultaneamente os cinco princípios.

Associado ao princípio de quantidade está o de qualidade. Aqui o **princípio de qualidade** é aquilo que qualifica / caracteriza cada um dos itens da quantidade (WANG, 2013). Continuando no exemplo da arquitetura moderna, os cinco princípios são fachada livre, janelas em fita, pilotis, terraço jardim e planta livre. Cada um destes princípios evoca a uma imagem bem formulada e clara, facilmente identificada pelo observador de uma edificação. Na definição dos princípios, é esperado que haja correlação entre eles, mas não sobreposição, de forma a tornar as diferentes partes do sistema logicamente coerentes entre si e capazes de representar o todo a ser analisado.

A correlação entre os princípios também garante a consistência interna do conceito. Definir relações é a segunda etapa deste tipo de pesquisa. De acordo com Wang (2013) elas podem ser classificadas como relações de necessidade, de dedução / indução, *a priori / a posteriori* (WANG, 2013). Esta pesquisa estabelece a **relação de necessidade** como a principal abordagem na definição de TCBC, visto que esta explicita o conteúdo. Neste caso, TCBC está condicionado à presença dos sete princípios a serem descritos no capítulo 5, não podendo ser desvinculado de qualquer um destes.

Por fim, é importante explicitar as **táticas retóricas**[22] utilizadas para a definição dos princípios. Wang (2013) lista oito possibilidades, das quais três aparecem nesta tese. São elas: tática retórica de nomear, tática retórica de desassociar e tática retórica de autoridade. Nomear estabelece identificação, evidencia quais elementos são objetos do discurso e a qual domínio pertencem. Desassociar pressupõe apresentar uma visão dissidente embasada, e a tática da autoridade implica em se apoiar em uma referência que endosse o argumento.

Ao final, é necessário **justificar** e **caracterizar** cada um dos princípios definidos. A caracterização

[21] Aqui é importante pontuar que o exemplo de Le Corbusier e os princípios da Arquitetura Moderna foram evocados não porque este trabalho os defende, pretende reforçar ou refutar, mas por sua imagem consagrada no repertório de qualquer arquiteto e urbanista. Assim, não se trata do mérito do conteúdo proposto pelo arquiteto, mas interessa a metodologia utilizada por ele para marcar e distinguir a arquitetura que propunha.

[22] São subterfúgios, estratégias utilizadas para embasar o processo de conceituação, de maneira a tornar explicita a sua lógica. Para ser persuasivo, portanto, logicamente aceitável, deve fazer sentido ao leitor (WANG, 2013).

permite reforçar os limites do sistema proposto, a julgar o que é ou o que não é TCBC, bem como apontar ações coerentes com o seu contexto global, principalmente se o conceito proposto almeja fomentar novas práticas. O delineamento da pesquisa é apresentado na Figura 2.

Estrutura da tese e organização dos capítulos

A estrutura da tese está dividida em quatro partes principais:

a) a introdução;

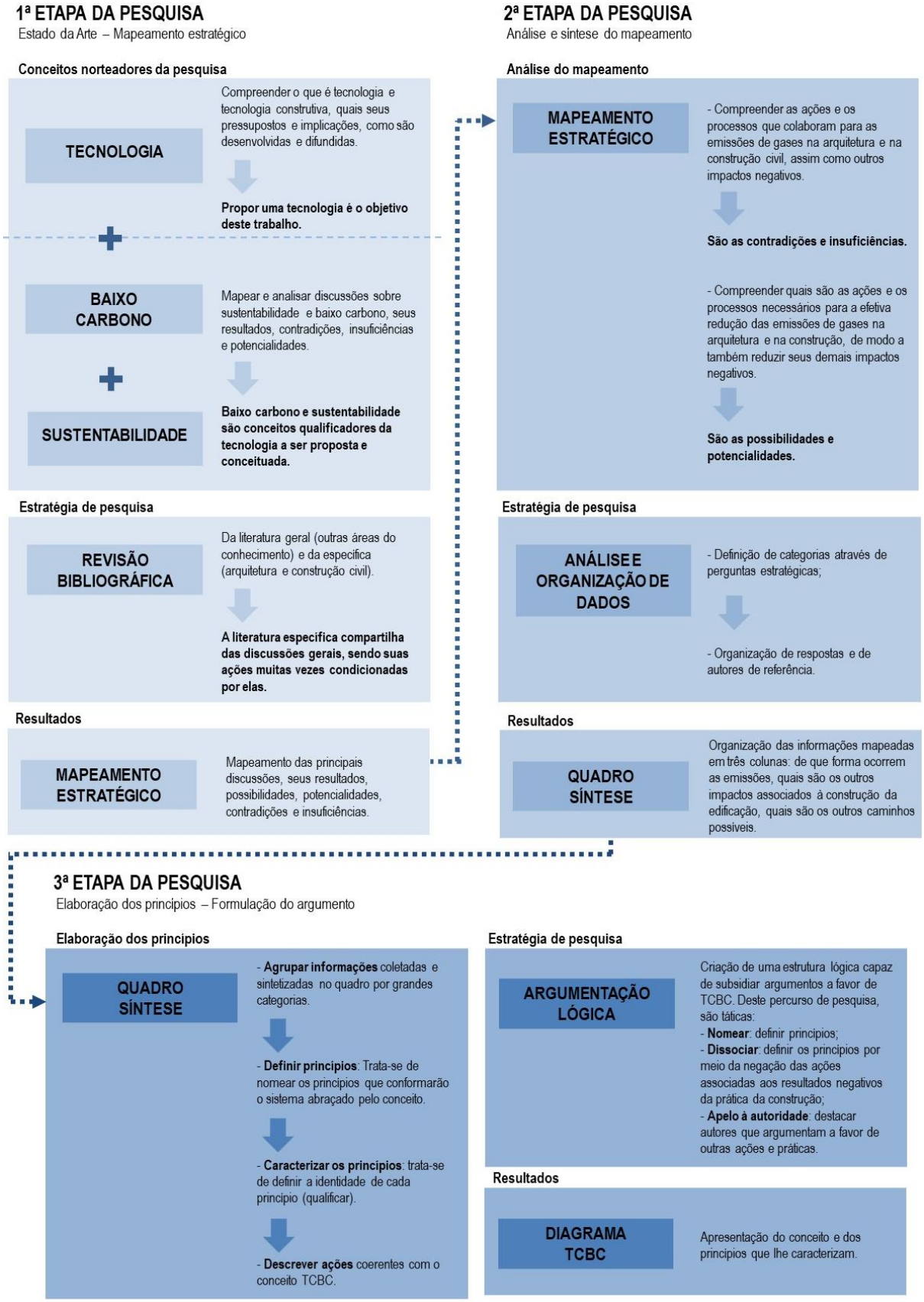
b) os capítulos de revisão bibliográfica e conceituação (1, 2, 3 e 4) sobre tecnologia, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, e baixo carbono;

c) o capítulo 5, onde se estabelecem os princípios que caracterizam TCBC a partir dos insumos dos capítulos precedentes;

d) e as considerações finais.

A estrutura assume, desta maneira, o roteiro da própria construção do conceito. Trata-se de uma estratégia própria da argumentação lógica.

Figura 2 – Delineamento da pesquisa.



Fonte: Autora, 2022.

CAPÍTULO 1: O conceito de tecnologia e tecnologia construtiva

"O homem domina a natureza não pela força, mas pela compreensão" (Jacob Bronowski)

O objetivo deste capítulo é conceituar e delimitar o que é a tecnologia e quais são os seus pressupostos para compreender a sua importância frente às discussões sobre sustentabilidade no campo da construção civil, assim como em sua relação com a questão do baixo carbono. Partimos do entendimento de que não há avanços reais a favor da sustentabilidade se não se discutir os modos de produção enquanto um processo social historicamente construído, de onde a tecnologia é parte constitutiva. Esta discussão será realizada com base na revisão bibliográfica, através da construção de uma argumentação de complexificação, ou por adição de elementos. Se num primeiro momento a tecnologia é a transformação da natureza através do seu entendimento, na sociedade capitalista ela passa a ser um importante meio para a manutenção e perpetuação da classe dominante através de mecanismos sutis - como a indústria do desejo e a do consumo. Resultam disso consequências que estão para além do produto tecnológico, como é o caso do aquecimento global. A tecnologia não é apenas uma resposta técnica cientificamente embasada para os problemas sociais, mas uma escolha consciente feita pela sociedade por meio de sua classe dominante (FEENBERG, 2015; MARCUSE, 2009; VARGAS, 2003; VIANNA, 1989).

Antes de conceituar a Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono – TCBC, faz-se importante compreender os conceitos que a compõem, pois eles carregam em si um universo de sentidos. O entendimento do que é tecnologia contribui para definição do conceito proposto. Além disso, fazer uso da palavra tecnologia sem explicitar seu sentido pode levar a interpretações errôneas e superficiais esvaziando a importância da discussão (TREVISAN, 2012).

De acordo com Marx (2013, p. 669, nota 89), a "[...] tecnologia desvela a atitude ativa do homem em relação à natureza, o processo imediato de produção de sua vida e, com isso, também de suas condições sociais de vida e das concepções espirituais que delas decorrem". Sendo assim, como nos explica David Harvey (2013), o estudo da tecnologia pode revelar muitos dos elementos que nos ajudam a compreender a realidade, como a nossa relação com a natureza, as relações sociais, os processos de trabalho, bem como as concepções mentais e de mundo compartilhadas. Isto posto, não é possível entender a tecnologia enquanto apenas um resultado determinado ou casual e, neste sentido, "[...]

tecnologias e formas organizacionais não caem do céu. Elas são produzidas a partir de concepções mentais. Também surgem de nossas relações sociais e em resposta às necessidades práticas da vida cotidiana ou dos processos de trabalho" (HARVEY, 2013, p. 209). É por esta abordagem, materialista histórica, que procuramos desenvolver o entendimento deste conceito.

Cabe ressaltar que a busca pelo significado da tecnologia não é algo original a este trabalho. Ela é objeto de discussões e estudos de muitos teóricos e pesquisadores em diferentes contextos e áreas do conhecimento, como aquele apresentado por Ruy Gama em seu livro *A tecnologia e o trabalho na história,* de 1987, ou a tese de doutorado de João Marcos de Almeida Lopes, *Em memória das mãos*, de 2006. Sendo assim, não é ambição aqui explorar exaustivamente seu significado como fizeram os autores, mas sim estabelecer limites que ajudem a conceituar TCBC. É importante, ainda, sinalizar que existem diferentes interpretações para a palavra tecnologia, e que ela teve seu sentido modificado ao longo do tempo, pelas diferentes culturas e períodos históricos.

No que se refere ao campo da arquitetura, a tecnologia é uma palavra recorrente. Enquanto estudantes, aprendemos sobre a tecnologia das construções, dos materiais e dos sistemas construtivos, e aí nos são apresentados menus de opções para detalhar e executar as diferentes partes de uma edificação, ou a edificação em sua totalidade. Como profissionais, lidamos com uma série de escolhas também apresentadas enquanto tecnologias, desde a fundação da edificação até os sistemas complementares, como painéis solares e ar-condicionado, ou ferramentas de virtualização e de gestão, como o sistema *Building Information Modeling* (BIM). Qual a implicação desta palavra nestes contextos? E ainda, o que seria uma tecnologia construtiva? Faremos estas considerações neste capítulo.

1.1. Da natureza como fonte de conhecimento, e do conhecimento como mecanismo de dominação

Pela abordagem escolhida, materialista histórica, a tecnologia está intimamente relacionada ao trabalho e à natureza, trabalho este que é empenhado na modificação e transformação da natureza a favor da sobrevivência humana - ou seja, o trabalho em seu sentido mais inicial como atividade orientada a um fim, onde a matéria natural é apropriada e transformada pelo homem em um bem útil através da aplicação das forças de seu corpo, braços, pernas, cabeça e mãos[23] (MARX, 2013). Moradia, alimentação e

[23] Aqui não tratamos do trabalho social, aquele que já foi subsumido e instrumentalizado pelo capital (o trabalho assalariado), mas sim daquele relacionado ao conceito de autoatividade. Nas palavras de Marx (2013, p. 326 – 327): "O trabalho é, antes de tudo, um processo entre o homem e a natureza, processo este em que o homem, por sua própria ação, medeia, regula e controla seu metabolismo com a natureza. Ele se confronta com a matéria natural como com uma potência natural [*Naturmacht*]. A fim de se apropriar da matéria natural de uma forma útil para sua própria vida, ele põe em movimento as forças naturais pertencentes a sua corporeidade: seus braços e pernas, cabeça e mãos. Agindo sobre a natureza externa e modificando-a por meio desse movimento, ele modifica, ao mesmo tempo, sua própria natureza".

vestimenta representam as nossas necessidades materiais mais essenciais, e devem ser recorrentemente atendidas[24] (MARX; ENGELS, 2007). Ao suprir os itens básicos de sobrevivência e alcançar algum grau de prosperidade, uma sociedade se encontra livre para empenhar esforços e desenvolver outros aspectos de sua existência.

Vamos imaginar que pudéssemos voltar no tempo justamente para um período em que o ser humano vivia de maneira integrada, mas "submisso" à natureza. Diante de tantos fenômenos diferentes, como as próprias estações do ano e o clima, este mesmo ser se sentia, concomitantemente, maravilhado e amedrontado. A compreensão dos fenômenos físicos ainda era um mistério, cuja explicação era relacionada à ação de deuses e de outros seres mitológicos, uma saída para elucidar algo que não era inteligível. Este ser buscava pautar a sua relação com a natureza a partir da experiência, visando à sobrevivência imediata pela sua adaptação ao meio (LENOBLE, 1969). Se fazia frio, sua ação deveria ser no sentido de buscar um abrigo. Se as reservas alimentares acabavam, era necessário sair à procura de novos territórios.

Este ser humano, no entanto, nunca foi passivo e sempre esteve empenhado em criar meios para facilitar a sua experiência. O desenvolvimento de armas, ferramentas e utensílios, rudimentares em um primeiro momento, como uma simples pedra lascada, foi se complexificando até tomar a forma de enxadas, marretas, espadas, o que possibilitou a construção de casas mais robustas, ou mesmo a realização da caça de maneira mais eficiente, a aragem da terra, ou a proteção mais assertiva contra inimigos e animais[25]. A partir de certo momento este ser passa a ter meios suficientes para modificar a natureza de maneira mais consciente, assim como conhecimento desta mesma natureza[26] para colocá-la minimamente a seu favor.

---

[24] Nas palavras de Marx e Engels (2007, p. 32 e 33): "O primeiro ato histórico é, pois, a produção dos meios para a satisfação destas necessidades, a produção da própria vida material, e este é, sem dúvida, um ato histórico, uma condição fundamental de toda a história, que ainda hoje, assim como há milênios, tem de ser cumprida diariamente, a cada hora, simplesmente para manter os homens vivos".

[25] Os livros de André Leroi-Gourhan - Evolução e Técnicas: I) O homem e a matéria, e II) Os meios e as técnicas - são uma fonte riquíssima para quem se interessa em conhecer com detalhes o percurso histórico dos conjuntos técnicos empreendidos pelos homens até a Revolução Industrial. O autor apresenta, de maneira didática e ilustrada, os instrumentos de trabalho, as matérias-primas e os meios elementares empregados para a transformação destas matérias, ou seja, a técnica propriamente dita, responsáveis pela produção da base material humana.

[26] Robert Lenoble, em sua obra *História da Ideia de Natureza*, faz um apanhado histórico sobre os diferentes entendimentos da natureza ao longo dos séculos, partindo dos primórdios humanos até o século XVIII, pelo ponto de vista da cultura ocidental e seus principais pensadores. Em sua tese a ideia de natureza é uma construção sociocultural em constante modificação, sendo influenciada pelas tendências, paixões, desejos, mas também fruto da reflexão humana. De mágica, a natureza se torna objetiva, para tornar-se mecânica a partir do século XVII. Ainda segundo o autor, o entendimento da natureza enquanto algo mecânico representou um salto no entendimento do homem em sua relação com o meio – o homem torna-se o operador da natureza, a controla, tornando-se um deus. Ele domina a natureza ao dominar a ciência. No entanto, para o autor, este percurso de entendimento não se findou nestas considerações: "Reduzir a Natureza à ciência é, antes do mais, ignorar a história: creio mesmo que é ignorar o sentido das próprias palavras. Nunca o homem se contentou, e nunca se contentará, com as poucas informações parciais que ela nos fornece. Ele erguerá sempre os seus olhos para a Natureza para penetrar o seu mistério, para conhecer o seu segredo, e esse segredo não pode sair dos laboratórios" (LENOBLE, 1969, p. 318).

Fabricar, construir e utilizar instrumentos para a transformação da natureza a fim de atender as necessidades humanas são ações de cunho técnico e compõem o mundo do trabalho. De acordo com Marx (2013), ao contrário dos demais animais, não se trata do atendimento a uma necessidade biologicamente determinada, como o fazem as abelhas na construção das colmeias – sempre de maneira fixa e igual. O trabalho humano não é uma atividade apenas determinada pela natureza, ou seja, instintiva. Ele envolve a capacidade mental de antecipar o objeto a ser construído, de projetar, de criar representações, ainda que apenas mentais, do resultado desejado (MARX, 2013). Também é apoiado em instrumentos, habilidades e conhecimentos previamente estabelecidos, e atende, de formas diferenciadas, necessidades humanas sempre renovadas. Com o trabalho, o ser humano distancia-se e diferencia-se da natureza apesar desta mesma natureza ser base para o seu trabalho e para a sua existência (NETTO; BRAZ, 2006). Neste sentido, para Gama (1987), partindo de uma abordagem marxista, a história humana se confunde com a história do trabalho, ou os modos de produção material da vida, sendo as diferentes épocas econômicas distinguidas a partir do como se produz, com quais meios de produção.

A primeira relação do homem com a natureza se deu, e ainda se dá, com base na técnica, ou o conjunto de procedimentos que propiciam a transformação da natureza em um bem útil ao homem (KATINSKY, 1989). Para Vargas (1994, p.15): “A técnica é [...] tão antiga quanto a humanidade, admitindo-se a ideia de certos antropólogos de que um fóssil só pode ser considerado humano se ao lado dele forem encontrados instrumentos”.

Neste ponto do texto, é importante sublinhar que a técnica se diferencia de tecnologia. É Lopes (2006) quem, em sua tese de doutorado, propõe o que chama de “genealogia histórica da reversão da técnica em tecnologia”. Para tanto, faz um amplo resgate sobre a técnica, do mundo clássico (gregos e romanos) até o início do período industrial, final da Idade Moderna, ou seja, abrangendo um período que vai do modo de produção feudal até o modo de produção capitalista, ponto onde a técnica se “transforma” em tecnologia.

Neste percurso, o professor e pesquisador mantém a sua atenção sobre o trabalho, quando a técnica figura como “práticas astuciosas de transformação da matéria para a necessária e contingente reprodução da vida” (LOPES, 2006, p. 223), ou simplesmente “atividade de manutenção da vida”. Se, no mundo clássico, este conhecimento técnico estava alocado entre as atividades da “esfera do privado” (menção aqui à definição de Hannah Arendt), da casa, das atribuições práticas cotidianas, contraposto à “esfera do público”, do comum, da política, na modernidade ele transborda para a “esfera social”, ao mesmo tempo em que a constitui.

Este processo é longo e lento, passando pelo período feudal, posterior advento do comércio

mediterrâneo e ressurgimento da vida urbana, até chegar na grande indústria. Se, de início, as atividades produtivas urbanas seguiam em consonância com as necessidades do campo, produzindo-lhe insumos, com o comércio internacional torna-se possível se dedicar a um novo ramo de atividades, deslocando as atividades urbanas do âmbito da economia rural (LOPES, 2006). As cidades passam a se expandir e tornam-se um campo em disputa entre uma classe senhorial (nobreza, clero e senhores feudais) e uma nova classe, a burguesia nascente, pelo direito de legislar sobre o território.

É no atendimento às necessidades de um mercado em expansão que se fortalece a burguesia e uma nova maneira de se organizar a produção. De acordo com Lopes (2006), são as corporações de ofício quem promovem a separação técnica do trabalho favorecendo um "[...] modo de organização laboral heterônomo" (LOPES, 2006, p. 238), assentado em um arranjo de regulação e controle, onde o indivíduo se sujeita à vontade de terceiros para produzir, com o esforço do seu trabalho, um objeto destinado ao mercado e não ao atendimento de suas necessidades materiais imediatas. Aqui há a separação entre o capital e o trabalho, e a transformação do trabalhador individual em trabalhador coletivo. E mais, a partir deste momento parte dos itens indispensáveis à reprodução material da vida passa a ser comercializada, saindo da esfera privada para a esfera pública, submetida a interesses privados consubstanciada em interesses públicos (LOPES, 2006).

Todo este processo segue em consonância com o fortalecimento e a consolidação da indústria, e assim, do modo de produção capitalista, aspecto a ser tratado novamente no subcapítulo 1.3 desta tese. Neste processo de submeter o trabalho a interesses particulares a favor da obtenção da mais valia, a técnica é apropriada pela ciência, também em consolidação, e a tecnologia surge como organização teórica do conhecimento técnico. Nas palavras de Lopes (2006, p. 249):

> Sai como *técnica*: o conhecimento prático do cozinheiro, do ferreiro, do tecelão, do agricultor, do agrimensor, do construtor, todos ocupados com a laboriosidade da vida, com a mutualidade do transitório, e com a necessidade de estabelecer alguma mediação com a natureza enquanto entes viventes; volta como *tecnologia*: conjunto de conhecimentos aplicados, agenciado nas formas puras de sua elaboração abstrata original, capaz de pensar a si mesmo e de reproduzir a si mesmo. Um conhecimento que sai da esfera privada, pretende-se universalizável, torna-se visível e, portanto, público, ao mesmo tempo em que se esconde entre as dobras do que ajudou a produzir. Um conhecimento que lida com os "interesses privados" e os fazem assumir "importância pública" mas que retorna e pervade o âmbito privado sob a forma de seus produtos: não é mais nem o que é pelo *pensamento*, pela *ciência*, nem o que é exclusivamente pela *arte,* pela *téchné*, o arte/fato. Diluindo e tornando invisíveis os limites entre a técnica e si mesma, a tecnologia é um sentido em si mesmo, a "racionalidade meio-fim" weberiana, a instrumentalização reificante das dimensões práticas da *esfera social."*

A tecnologia está, assim, relacionada à construção do conhecimento e ao estabelecimento da Ciência Moderna, "[...] principalmente pelo fato dessa cultura ser um saber que, apesar de teórico, deve necessariamente ser verificado pela experiência científica" (VARGAS, 1994, p.16). De acordo com Gama

(1987), a tecnologia figura enquanto a Ciência do Trabalho Produtivo[27] - aquela que revela os mistérios do trabalho social - e posiciona o surgimento do termo tecnologia com a Revolução Industrial. E isso traz importantes implicações para a tecnologia, como os próprios pressupostos de sua existência, como será discutido.

Por ora, focando em uma conceituação mais simples, onde a ciência possui peso determinante, Brian Arthur[28] define tecnologia como "[...] a captura constante de fenômenos naturais e o seu aproveitamento para propósitos particulares"[29] (ARTHUR, 2009, p. 22). A tecnologia seria algo como a programação da natureza em benefício do homem – seria o uso da natureza para intervir diretamente na natureza, ação da qual resulta a base material humana. A química, a física, as ciências naturais buscam o entendimento das leis da natureza - o fenômeno. Uma vez compreendida, a mesma lei pode ser aplicada de maneira planejada e controlada - como a energia potencial, a lei da gravidade, a dinâmica dos fluidos, a termodinâmica, a estabilidade estrutural, a resistência dos materiais - para a produção de itens de consumo ou instrumentos de trabalho. A natureza é posta, assim, enquanto fonte de conhecimento, além de fonte de recursos. O avanço tecnológico, por sua vez, ainda de acordo com Arthur (2009), se daria pela adição constante de novas partes a uma tecnologia existente, com base em novas descobertas, ou pela percepção de novas necessidades humanas, entendidas enquanto um problema a ser resolvido.

Pensando na tecnologia por esta abordagem, ela parece se configurar enquanto isenta de outros pressupostos que não sejam vinculados à ciência pela ciência, chegando a ser definida de maneira bastante instrumental, como o faz o dicionário[30]: "Tecnologia é produto da ciência e da engenharia que envolve um conjunto de instrumentos, métodos e técnicas que visam à resolução de problemas. É uma aplicação prática do conhecimento científico em diversas áreas de pesquisa". Neste sentido, a tecnologia

---

[27] Ciência do trabalho produtivo por relacionar-se com a produção de mercadorias enquanto valor de troca, e não mais apenas enquanto valor de uso. Emprega o trabalho social, o qual, de acordo com Harvey (2016, p. 107) é a "[...] quantidade de trabalho que fornecemos para os outros através do sistema de mercado baseado no valor de troca".

[28] O livro de W. Brian Arthur *The nature of techonology: what it is and how it envolves*, de 2009, é uma excelente fonte para entender todo o percurso da criação da tecnologia. O autor constrói o texto de uma maneira bastante didática, através de comparações e imagens, buscando o significado mais simples e primordial para a tecnologia, mas complexificando a sua discussão ao longo dos capítulos. Aborda, assim, as questões sobre o que é a tecnologia, qual é a sua origem, quais são os seus princípios, como se estrutura e "evolui" para novas tecnologias, como é aplicada principalmente no campo da engenharia, entendida pelo autor como responsável pela resolução de problemas na criação da tecnologia. Trata, ainda, da questão entre tecnologia e inovação, e sobre o papel fundamental da tecnologia para a estrutura da economia de qualquer país. Para o autor a economia de um país é a expressão de suas tecnologias. Em suas palavras: "*Because the economy is an expression of its technologies, it is a set of arrangements that forms from the processes, organizations, devices and institucional provisions that comprise the envolving collective; and it envolves as its technologies do. And because economy arises out of its technologies, it inherits from them self-creation, perpetual openness, and perpetual novelty. The economy therefore arises ultimately out of the phenomena that creat technology; it is nature organized to serve our needs*" (ARTHUR, 2009, p. 201).
Por sua vez, Harvey (2016) critica o texto de Arthur pelo fato de o autor não considerar as influências do capital nos caminhos do desenvolvimento tecnológico, influência que determina o que se constitui enquanto uma necessidade humana e um problema a ser resolvido.

[29] No texto original, em inglês: *"[...] technology is the constant capture of natural phenomena and the harnessing of these for particular purposes"* (ARTHUR, 2009, p.22).

[30] Significado de tecnologia disponível em: http://www.significados.com.br/tecnologia-2/

seria autônoma, e mais relacionada à Ciência Aplicada.

Castells (2006) aproxima-se desta abordagem e advoga que a tecnologia não determina a sociedade, e nem a sociedade determina a tecnologia: "Nem a sociedade escreve o curso da transformação tecnológica uma vez que muitos fatores, inclusive a criatividade e a iniciativa empreendedora, intervêm no processo de descoberta científica, inovação tecnológica e aplicações sociais, de forma que o resultado final depende de um complexo padrão interativo" (CASTELLS, 2006, p. 43).

Sim, a tecnologia é resultado de um complexo padrão interativo, e por este mesmo motivo é que ela é determinada pela sociedade, bem como a sociedade é determinada por ela. Apesar de a criatividade, a curiosidade científica e a iniciativa empreendedora serem reais, levando a descobertas inovadoras, é veemente como novas tecnologias são desenvolvidas e empregadas na direção da geração de valor e de lucro, de modo a atender interesses econômicos. Afinal, por que desenvolvemos tecnologias para descobrir água em Marte, e não para abastecer regiões áridas, onde populações definham diante da seca? Ou mesmo, por que há tanta resistência ao emprego de combustíveis substitutos ao petróleo? Existe uma "mão invisível" determinando o porquê de resolver um problema e não outro, e qual tecnologia deve ser desenvolvida e empregada com este objetivo. E mais, ela também atua no sentido de estabelecer o que se configura enquanto um problema a ser resolvido, e este entendimento faz toda a diferença para compreender a nossa atual situação.

Um exemplo significativo trazido pela filósofa e ecoativista Vandana Shiva, em entrevista a Laymert Garcia dos Santos, professor especialista em Sociologia da Tecnologia, e disponível no livro "Politizar as novas tecnologias", de 2003, é a biogenética. Sob o pretexto de aumentar a capacidade produtiva do campo, e assim contribuir para a alimentação da população em crescimento, foram desenvolvidas plantas geneticamente modificadas para plantio resistente a herbicidas específicos, e para a redução da aplicação de agrotóxicos e agrodefensivos, visto que elas foram programadas para serem mais resistentes a pragas. As sementes, produzidas em escala industrial, vêm selecionadas para o agricultor, mas para que elas produzam é necessária a adição de outros componentes químicos fornecidos pela empresa – os fertilizantes. Uma vez adulta, esta planta não gera elementos para a sua reprodução e para a continuidade da espécie, obrigando o agricultor a, necessariamente, comprar novas sementes[31].

Neste caso, a entrevistada trata da questão da transformação da natureza em mercadoria através da biotecnologia. Busca, a partir deste ponto, discutir os caminhos do desenvolvimento tecnológico na sociedade capitalista. Existe a apropriação de um conhecimento de fundo universal, coletivo, o

[31] Nem todas as sementes transgênicas perdem a capacidade de se reproduzir. No entanto, a compra obrigatória de novas sementes é estabelecida no contrato entre algumas empresas e os agricultores, tornando ainda mais evidente o caráter mercadológico deste tipo de tecnologia.

germoplasma, sua aplicação na criação de produtos, as sementes, e sua venda no mercado. Pelo fato desta semente não gerar novas sementes é criada uma dependência de mercado para a produção de um bem que, se produzido de forma natural, geraria gratuitamente descendentes, pois a coerência interna de uma planta é a de se reproduzir, ou seja, gerar novas sementes.

Além disso, com a substituição das matrizes naturais pelas artificiais é promovida a destruição da biodiversidade, da riqueza ambiental do planeta. Os produtores rurais são colocados em dependência da tecnologia, muitas vezes estrangeira. Há de se contar, ainda, toda a discussão sobre os riscos à saúde e ao meio ambiente relacionadas a este tipo de cultivo, os quais não foram largamente pesquisados e cientificamente comprovados. Lacey (2007) argumenta prevalecer nos foros científicos o entendimento de que qualquer risco dos transgênicos é compensado pelos benefícios trazidos pelos mesmos, podendo qualquer ameaça ao bem coletivo ser minimizada pela existência de uma política regulatória – argumento aplicado a qualquer inovação.

Para além de questões de ordem ética que poderiam ser elencadas e questionadas (por exemplo, de privatizar e mercantilizar um bem, a princípio, universal), ainda é necessário apontar o risco de tal decisão pela criação de uma monocultura de única matriz, altamente suscetível ao ataque de uma praga agrícola. A armadilha de tal decisão, a dependência colocada pela indústria de sementes e de insumos químicos, o risco de poluição ambiental e de envenenamento humano são colocados enquanto um mal necessário para a sobrevivência da espécie humana, quando claramente não o é. O que se percebe é que a humanidade já produz o suficiente para a sua alimentação, sendo a fome, na verdade, resultado da distribuição desigual da produção (ABRAMOVAY, 2007; LACEY, 2007; MENDONÇA, 2005), a qual não deixa de existir com o uso dos transgênicos. Trata-se, desta forma, de um nicho de oportunidade de negócio. Assim, o que efetivamente falta é que tais questões sejam de fato discutidas com seriedade e comprometimento.

Devido ao custo das sementes, dos herbicidas, dos fungicidas e fertilizantes, geralmente importados e cotados em dólar, assim como o custo da manutenção da lavoura, para que a produção seja economicamente viável[32], aplica-se a monocultura extensiva[33], apoiada por maquinários. Entre os resultados deste modelo de produção estão a necessidade de ocupação de grandes espaços, em geral, avançando sobre áreas de proteção ambiental, resultando muitas vezes na supressão, ilegal ou não, de vegetação nativa, e a dependência dos agricultores pela aquisição de produtos importados e de alto

[32] Um exemplo da dificuldade dos agricultores com este modelo de produção pode ser visto nesta reportagem do Globo Rural do dia 28 de Julho de 2019, com o título "Altos custos na produção de soja preocupam agricultores de Mato Grosso". Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2019/07/28/altos-custos-na-producao-de-soja-preocupam-agricultores-de-mato-grosso.ghtml>.

[33] Para viabilizar o uso de transgênicos a produção agrícola deve ser em grande escala, assim como é na indústria – aumentar a produção reduzindo os custos e assim potencializando o lucro.

custo. Tudo isso para gerar um produto que não é acessível a todos.

No desenvolvimento desta tecnologia não há, portanto, preocupação com as consequências sociais e ambientais, favorecendo a concentração de capital e de terras para produzir, no caso do Brasil, *commodities*[34] para exportação. É importante frisar que não há garantia de aumento de produção com o uso destas sementes, pois, como qualquer planta, seu crescimento está vinculado às condições climáticas ainda não totalmente controladas.

Shiva, na mesma entrevista, explica que as tecnologias passaram a ser desenvolvidas enquanto um fim em si, não mais como um meio para suprir reais necessidades humanas. E é por isso que em seu planejamento não se considera os impactos sociais, culturais e ecológicos, ou se questiona a sua real necessidade. Ainda, de acordo com esta autora, as tecnologias deixaram de ser adaptadas à sociedade e à natureza, exigindo que a sociedade e a natureza se adaptem a ela, desconsiderando qualquer custo social e ecológico, e criando a demanda por novas tecnologias para a correção dos resultados de uma solução anterior não largamente explorada antes de sua aplicação - o que em si representa uma contradição, mas demonstra a fé empenhada nas inovações tecnológicas, e que, no fim das contas, é algo fundamental para a manutenção do sistema econômico[35].

Para Feenberg[36] (2015), orientando de Herbert Marcuse e catedrático em Filosofia da Tecnologia, a tecnologia não é apenas o controle racional da natureza pois tanto o seu desenvolvimento quanto o seu

---

[34] De acordo com o dicionário Michaelis, *commodities* são: "1) Mercadoria em estado bruto ou produto básico de grande importância no comércio internacional, como café, cereais, algodão etc., cujo preço é controlado por bolsas internacionais; 2) Qualquer produto em estado bruto relativo à agropecuária ou à extração mineral ou vegetal, de produção em larga escala mundial, dirigido para o comércio internacional" (https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/commodity/). Trata-se de um termo empregado em economia, e representa bens de consumo entendidos como essenciais para todos os países – por isso sua negociação em bolsas de valores, as quais determinam o preço de acordo com a oferta e a procura, e a qualidade. De acordo com o dicionário financeiro, as *commodities* podem ser classificadas em seis categorias: agrícola, mineral, financeira, ambiental, energética e química (https://www.dicionariofinanceiro.com/commodities/).

[35] Uma leitura bastante interessante, na mesma abordagem tratada por Shiva, é o livro "*Techno-Fix: Why Technology Won't Save Us or the Environment*", de Michael and Joyce Huesemann publicado em 2011. Neste trabalho os autores discutem como a tecnologia é desenvolvida, prioritariamente, a favor do aumento do lucro das empresas ou do poder de grandes corporações, e quais são os efeitos desta postura para a humanidade e para a natureza. Partem do princípio da não neutralidade da tecnologia. Duas reflexões bastante trabalhadas no livro são os "efeitos não intencionais da tecnologia", chamando a atenção de novos cientistas para os efeitos éticos de novas criações tecnológicas; e as tecnologias de correção, ou "tecno-correções", aquelas criadas para tratar sintomas negativos de tecnologias anteriores sem discutir a causa do problema (como a necessidade de desenvolver sistemas de bombeamento de CO_2 para o solo, a serem empregadas por empresas petrolíferas que querem reduzir seus impactos). Fazem um apanhado histórico sobre como as inovações tecnológicas permitiram melhorias na vida humana até o ponto de se tornarem ferramentas de manipulação, inclusive colocando a própria existência humana, e a do planeta, em risco. Apesar desta análise, não são contrários à tecnologia, mas defendem que, pela maneira como ela vem sendo proposta, tem maiores chances de contribuir com um cenário de colapso do que com um cenário de sustentabilidade.

[36] Feenberg (2015) trabalha com a ideia de "Código técnico: este conceito refere-se às regularidades estabelecidas cultural e socialmente e que configuram o projeto de tecnologias e sistemas. Os códigos técnicos são assegurados a muitos níveis - ideológico, normativo, técnico – e, portanto, persistem com grande estabilidade de uma situação para outra, de uma geração de tecnologia para a seguinte" (FEENBERG, 2015, p. 60).

impacto são intrinsecamente sociais. Na sociedade capitalista, entre as diferentes soluções, tende a prevalecer aquela que melhor atende à manutenção da estrutura de poder – melhor custo-benefício, maior eficiência produtiva, taxa de lucro mais elevada. Mas isso também quer dizer que a eficiência não precisaria ser o principal critério para o desenvolvimento tecnológico. Bastaria, para tanto, a participação de diferentes setores da sociedade na discussão da tecnologia. Feenberg (2015) cita como exemplo o automóvel. Enquanto a questão da poluição não era algo socialmente importante, os projetos de carro não traziam a preocupação com o sistema de emissão de gases. Mas, ao tornar-se um problema com o acirramento da questão ambiental, e diante da manifestação popular, novas soluções foram adaptadas à tecnologia visando minimizar os seus impactos[37]. Ou seja, há a possibilidade de se trilhar novos caminhos para o desenvolvimento tecnológico desde que se conte com a participação popular e democrática na definição de seus objetivos – arena da política. Em suas palavras: "As tecnologias não são trabalhos unificados de arte, fixados na sua origem, de uma vez por todas. Pelo contrário, consistem em vários níveis de funcionalidade que se acumulam gradualmente em resposta às exigências dos diversos atores com poder para influenciar o seu projeto" (FEENBERG, 2015, p. 53). E isso nos leva a uma segunda discussão: sobre a relação entre tecnologia e poder.

1.2. Tecnologia e poder

A primeira discussão tratada aqui procurou trazer a ideia de que a tecnologia é resultado da busca pela supressão de uma necessidade humana, e que ela se apoia no conhecimento científico, tendo sua origem na revolução industrial. No entanto, não se trata da exploração de qualquer conhecimento científico, tão pouco do atendimento a qualquer necessidade. A tecnologia não visa à ciência pela ciência, ou o conhecimento pelo conhecimento, mas está imbricada num universo de interesses comprometidos como as condições políticas e econômicas de uma sociedade. E mais, a tecnologia é carregada de influências históricas, políticas e culturais, configurando-se como um artefato sociocultural e, portanto, sujeita à luta de classes (FEENBERG, 2002). É, assim, um campo em disputa.

Entender que, hoje, a tecnologia está vinculada aos interesses do capital e da classe dominante é fundamental para compreendermos como ela é discutida e desenvolvida[38]. Há uma relação intrínseca

[37] Ou não. O primeiro episódio do documentário *Dirty Money* (Na rota do dinheiro sujo), Emissões Mortais, fala sobre o esforço realizado pela Volkswagen nos Estados Unidos para conseguir atingir o mercado consumidor preocupado com a questão ambiental para veículos utilitários movidos à diesel. De acordo com o documentário, a nova tecnologia empregada foi aprovada com base em testes tendenciosos, feitos em condições diferentes da realidade onde os carros seriam empregados. Ou seja, foi uma resposta fraudulenta aos anseios de uma fatia de mercado que culminou em muito escândalos e prejuízo à empresa. Aqui a fraude foi descoberta, mas até que ponto estamos atentos a tudo o que nos é proposto enquanto inovador, ou mesmo revolucionário?

[38] Vale ressaltar as palavras de Laymert Garcia dos Santos, na introdução do seu livro "Politizar as novas tecnologias": "[...] se tivéssemos um dispositivo de visualização do "estado real" do planeta, poderíamos detectar imediatamente a centralidade

entre a ciência e o capital e, neste sentido, o capital tem influência nos caminhos tecnológicos, ainda que o contrário também seja verdadeiro. De acordo com Andrew Feenberg (2015), para a mudança do paradigma tecnológico seria necessário levar esta discussão para o campo político democrático e participativo a fim de determinar a ela outros objetivos que não apenas a eficiência e o mais valor - portanto, para além da ideia de acumulação de capital.

Existe uma agenda mundial com diversas indicações do que é preciso alterar para garantir a sustentabilidade, como a apresentada pela declaração final da conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável*, O Futuro que queremos*, de 2012, onde se propõe: erradicação da pobreza, justiça social, mudança do modo de consumo, uso consciente dos recursos ambientais, redução do consumo de energia, educação igualitária e conscientizadora, melhoria nas condições básicas de vida com acesso à saúde, emprego, alimento, saneamento básico e tratamento de água, e crescimento econômico inclusivo (BRASIL, 2012). A tecnologia, neste sentido, seria um meio importante para o alcance de novos patamares, se projetada visando a outros valores humanos, ou, como coloca o eminente sociólogo brasileiro Francisco de Oliveira (1976), considerando sua dimensão social.

Herbert Marcuse (2009), filósofo e sociólogo alemão e membro da Escola de Frankfurt, defendia a necessidade da discussão entre ciência e política. As descobertas da ciência transformadas em tecnologia alteram a vida das pessoas, da natureza e do mundo, e elas são cada vez mais determinadas por políticas empresariais baseadas em uma ciência que seja rentável (PISANI, 2009). Ou seja, se existem "[...] consequências sociais dos produtos da ciência" (PISANI, 2009, p. 138) ela requer discussão social. Assim como a tecnologia, a ciência também não é neutra.

Marcuse (2009) considera que a ciência se transformou em mercadoria e, desta forma, assumiu os valores do capital. Não existe o reino da ciência dissociado da prática, "[...] existe apenas um mundo no qual a ciência, a política e a ética, a teoria e a prática estão inerentemente ligadas" (MARCUSE, 2009, p. 160). O cientista tornou-se mais um braço do modo de produção tendo, muitas vezes, seu trabalho alienado, pois não consegue ter o entendimento global daquilo que desenvolve e as suas consequências. Nas palavras do autor:

> [...] aqui também somos confrontados com uma ilusão, pois o cientista já não é o pesquisador dissociado e isolado, mas se tornou o esteio das políticas e das instituições estabelecidas. Na

---

da tecnologia no movimento do mundo, mas veríamos, ao mesmo tempo, **quão pouco essa centralidade é problematizada**. É claro que há uma profusão de discursos de glorificação e de marketing dos produtos e das benesses do progresso tecnológico; é claro também que a ela tenta se contrapor uma crítica dos riscos que a adoção da estratégia de aceleração tecnológica total comporta. Entretanto, é preciso reconhecer que a crítica ainda não é capaz de convencer as sociedades nacionais e a assim chamada 'comunidade internacional' da necessidade imperiosa de se discutir a questão tecnológica em toda a sua complexidade. Vale dizer: da necessidade de se politizar completamente o debate sobre a tecnologia **e suas relações com a ciência e com o capital** [...]" (SANTOS, 2003, p. 11, destaque nosso).

> medida em que a economia se torna um sistema tecnológico, a ciência se transforma num fator decisivo nos processos econômicos da sociedade (MARCUSE, 2009, p. 163).

Francisco de Oliveira (1976) é bastante contundente ao dizer que a na proposição de uma tecnologia a sociedade operacionaliza apenas os conhecimentos científicos quando eles possuem um viés econômico e atuam a favor da manutenção e da reprodução da relação social básica de exploração e dominação. Por isso, muito conhecimento científico estaria engavetado, desperdiçado[39].

A ciência e a tecnologia são desenvolvidas e empregadas, assim, como forma de perpetuação de poder (econômico), uma opção política. E não é para menos, dada a gênese da tecnologia e da ciência como parte da constituição própria do sistema produtivo capitalista, como vimos no subcapítulo anterior. Ainda assim, para os cidadãos, em geral, a tecnologia é colocada enquanto uma decisão puramente técnica, autônoma, resultado de um avanço técnico e social linear, sempre progressivo e benéfico (NOVAES; DAGNINO, 2004). Mas o que se perpetua com este modelo progressivo-desenvolvimentista? Para Vianna (1989), a tecnologia comprometida com a estrutura de poder é, ao mesmo tempo, instrumento e justificativa para a sua manutenção sem contestações, haja visto que a riqueza de uma nação é diretamente relacionada aos níveis de sofisticação tecnológica atingidos por ela. Além disso, o desenvolvimento tecnológico passou a ser empregado enquanto sinônimo de dominação econômica e, portanto, política.

Gama (1987, 1990), Katinsky (1989), Santos (2003) e Vianna (1989), embora através de abordagens distintas, concordam que a tecnologia está relacionada à autonomia política e à capacidade de direcionar os caminhos de um país na formulação de sua própria cidadania. Por este motivo, dizem ser necessários investimentos públicos em ciência e tecnologia, bem como para a formação de profissionais capacitados a atuar trabalhando as potencialidades do território, evitando o que chamam de dependência tecnológica.

Percebemos, entretanto, que a questão é mais complexa. A perpetuação do pensamento dominante se dá na escala local, nas relações de trabalho e de produção, e em escala mundial. A divisão internacional do trabalho instituiu a especialização produtiva a nível global, também entre países de base primária e secundária, ou desenvolvidos e subdesenvolvidos, influenciando e determinando seu avanço tecnológico a partir do papel a ser cumprido neste arranjo. Wolfang Sachs (1997) é bastante didático ao explicar os resultados desta especialização produtiva:

> La doctrina de las ventajas comparativas de los economistas sostenía que el bienestar general se incrementaría si cada nación se especializaba haciendo cosas para las cuales la naturaleza y la historia la habían hecho mas eficiente - azúcar de Costa Rica, por ejemplo, a cambio de productos farmacéuticos de Holanda. Pero la falla en este razonamiento esta en que, en el

[39] Em suas palavras: "[...] a tecnologia somente põe em operação o conhecimento científico quando este é econômico, quer dizer, quando este torna possível manter e reproduzir a relação social básica de exploração e dominação. Nas gavetas e arquivos científicos dorme, pois, um enorme acervo de conhecimento científico não posto em operação, não transformado em tecnologia e, portanto, desperdiçado" (OLIVEIRA, 1976, p.92).

> largo plazo, el país que vende los productos mas complejos crecerá mas y mas fuerte, porque sera capaz de internalizar los efectos secundarios de la producción sofisticada. ¡Los productos farmacéuticos estimulan la investigación y una multitud de tecnologías, mientras que el azúcar no puede hacerlo! El mutuo interés invocado en el comercio libre termina reforzando acumulativamente a uno y debilitando progresivamente al otro. Y cuando el país mas rico aparece con innovaciones en alta tecnología que hacen obsoletos los productos del país mas débil, como cuando el azúcar natural es reemplazada por sustitutos obtenidos con la Bioingeniería, entonces el interés mutuo se desvanece al punto que el país mas débil deviene superfluo" (SACHS, 1997, p. 381) [40].

A criação de uma estrutura de pesquisa voltada ao desenvolvimento de tecnologias implica grande investimento de capital, muitas vezes economicamente indisponível em diferentes países. Também existe a falta de percepção, de diferentes países, sobre a importância de destinar recursos para tanto[41]. Pode-se dizer, ainda, que é muito mais barato importar tecnologia estrangeira e adaptá-la, ou não, a diferentes realidades. O resultado da importação de tecnologias, por sua vez, contribui para a dominação dos países ricos sobre os países pobres. Como nos complementa Vianna (1989, p. 49):

> Esse processo de dominação externa produz uma especialização geral dos países, caracterizando os mais desenvolvidos como fonte de excedentes econômicos e acúmulo de capital. A instalação de indústrias multinacionais nos países de economia dependente possibilita o uso de mão de obra abaixo do custo, facilita o acesso às matérias primas e aos produtos primários e a exportação de manufaturados a seu país de origem, permanecendo controlados e centralizados os conhecimentos científicos e técnicos, planos e processos, sem opção, por parte dos países dependentes, em conceber e desenvolver suas próprias tecnologias.

Basear o desenvolvimento de uma nação pela tecnologia desenvolvida por outra representa desconsiderar as especificidades locais, entre elas as riquezas humanas e sociais, a diversidade biológica, e a capacidade de autodeterminar suas próprias necessidades. Outro exemplo trazido por Santos (2003) é a Amazônia. Segundo o autor, um em cada quatro produtos vendidos nas farmácias provém de materiais extraídos das florestas tropicais, sendo que apenas 1% das plantas tropicais tiveram o seu uso potencial investigado. No Brasil, estamos destruindo um importante território de biodiversidade, rico em possibilidades, para a abertura de pastos, áreas de produção agrícola e extração de minérios

---

[40] Traduzindo livremente: "A doutrina das vantagens comparativas dos economistas sustentava que o bem-estar geral aumentaria se cada nação se especializasse em fazer coisas para as quais a natureza e a história a tornaram mais eficiente - açúcar da Costa Rica, por exemplo, em troca de produtos farmacêuticos da Holanda. Mas a falha desse raciocínio é que, a longo prazo, o país que vende os produtos mais complexos ficará cada vez mais forte, pois poderá internalizar os efeitos secundários da produção sofisticada. Os produtos farmacêuticos estimulam a pesquisa e uma infinidade de tecnologias, enquanto o açúcar não! O interesse mútuo invocado no livre comércio acaba reforçando cumulativamente um e enfraquecendo progressivamente o outro. E quando o país mais rico aparece com inovações de alta tecnologia que tornam obsoletos os produtos do país mais fraco, como quando o açúcar natural é substituído por substitutos obtidos com a bioengenharia, então o interesse mútuo se desvanece a ponto de o país mais fraco se tornar supérfluo".

[41] No Brasil atual, como sabemos, a política instituída pelo governo sob a presidência de Michel Temer (2016 – 2018) e posteriormente por Jair Messias Bolsonaro (2019 – 2022) determinou o congelamento dos gastos em educação básica pública pelo período de 20 anos, dado extremamente preocupante para um país com uma situação de desigualdade tal como o nosso, onde já se constatou que os atuais investimentos são insuficientes. Se o ensino básico foi ainda mais precarizado, por um lado, por outro está havendo um processo insistente de desmontagem e sucateamento das universidades públicas (não apenas por este governo, também pelos anteriores, mas escrachado pelo atual), as quais são responsáveis pela formação de cientistas e profissionais de alta capacitação, e local de desenvolvimento das pesquisas tecnológicas.

para a produção primária de itens voltados para a exportação, consolidando o país como fornecedor de *commodities*. Ou seja, quem tem determinado os caminhos tecnológicos e econômicos do Brasil? Há uma falta de entendimento de sua própria condição e de suas potencialidades. Para Santos (2003), trata-se de uma característica peculiar do país, mas não só dele, a qual nega as suas especificidades e a sua cultura a favor da inserção econômica mundial[42].

> A mente colonizada abomina o passado, especialmente o passado não colonizado dos povos indígenas; mais ainda, a obsessão do descompasso impede-a de reconhecer o que é válido na tradição, pois ela está sempre partindo do que falta, e não do que realmente existe. Os olhos colonizados não podem ver valor algum no país – principalmente o valor da sua biodiversidade e de sua sociodiversidade. Num certo sentido, o Brasil ainda está para ser descoberto ou redescoberto... pelos brasileiros, e acima de tudo, por uma elite que parece não saber onde está (SANTOS, 2003, p. 57).

A despeito do clamor pela necessidade de maior investimento em ciência e educação visando o desenvolvimento tecnológico para a independência do país, é entendido que a tecnologia não surge apenas do aumento do saber, mas de alterações mais profundas na constituição das forças produtivas e nas relações de produção (GAMA, 1990; LEÃO, 2006; MARCUSE, 2009; NOVAES; DAGNINO, 2004). A tecnologia, dentro do sistema corrente, carrega em si os seus pressupostos, portanto para uma tecnologia "transformadora" seria preciso ultrapassar este sistema produtivo traduzindo-se como um caminho para uma nova civilização. De acordo com Marcuse (2009, p. 163):

> O necessário é nada menos que uma completa transvalorização dos objetivos e necessidades, a transformação das políticas e instituições repressivas e agressivas. A transformação da ciência é imaginável apenas em um ambiente transformado; uma nova ciência exigirá um novo clima, em que novos experimentos e projetos serão sugeridos ao intelecto por novas necessidades sociais.

Partindo deste entendimento, faz-se importante, neste ponto, compreender quais são as características dos modos de produção na sociedade capitalista, seus pressupostos e seus resultados.

1.3. O modo de produção capitalista e algumas de suas implicações

De acordo com Harvey (2013), Marx dedicou todo o Volume 1 de "O Capital", escrito em 1867, para entender o modo de produção capitalista que aqui abordaremos de maneira bastante resumida e nos atentando a apenas alguns de seus aspectos. Para iniciar, modo de produção é a organização socioeconômica de um povo visando a reprodução material da vida. É resultado do arranjo entre as

[42] "A tecnologia nacional se faz de forma limitada. Preferimos comprá-la e negar apoio aos que se lançam de inventar, de projetar e de fazer. Entretanto, essa ousadia de pensar e fazer a cultura material é caminho obrigatório para a independência. Nesse sentido, a questão tecnológica vincula-se principalmente à prática política e à formação da nação" (LEÃO, 2006, p. 149)

forças produtivas (materiais, instrumentos e força de trabalho)[43] e as relações sociais de produção estabelecido em um tempo histórico determinado. Resumido por Katinsky (1989, p.68), o modo de produção corresponde "[...] às relações sociais efetivamente travadas e os meios e instrumentos usados para produzir bens". Também inclui a forma como utilizamos e distribuímos estes bens. Trata-se de uma construção social histórica, portanto não é algo determinístico ou imutável, apesar de condicionante das ações humanas.

Hoje predomina, na maior parte da sociedade humana, o modo de produção capitalista. O capitalismo tem como seu cerne a forma mercadoria, expressão ou objetivação do trabalho humano em produto. O trabalho é toda a atividade humana empenhada na criação e produção de itens destinados ao aumento do seu conforto, facilitando a relação com a natureza, como explicamos no início do capítulo. Mas, no capitalismo o trabalho assume, concomitantemente, outra dimensão: trata-se do dispêndio de energia humana, de "cérebro, músculos, nervos, mãos" (MARX, 2013, p.168), a força de trabalho, medido pela padronização da contagem do tempo (LEITE, 2021). É o trabalho em seu sentido mais abstrato, como se fosse a energia que flui dos corpos humanos ao realizar qualquer atividade, independe do tipo de atividade a ser realizada[44]. Este trabalho abstrato, chamado por Marx de trabalho social, é uma das variáveis para a definição do valor de troca - se diferentes mercadorias possuem diferentes características físicas, algo em comum é a necessidade da realização do trabalho abstrato / trabalho social para a sua materialização.

O valor é entendido por Marx (2013) como a unidade dialética entre valor de uso e valor de troca. Valor de uso e valor de troca são dois aspectos do valor, portanto, não existem isoladamente, só existem enquanto parte do todo. Toda mercadoria possui um valor. O valor de uso está relacionado à utilidade da mercadoria (MARX, 2013), ou à função a ser desempenhada por este bem (HARVEY, 2016). Desta forma, pode variar de acordo com necessidades individuais: uma edificação pode ser uma casa para morar, para alugar, para servir de espaço de trabalho. Se não existe o desejo por uma mercadoria, a necessidade de sua aquisição, seja esta necessidade primária ou criada[45], esta mercadoria não atende a sua função, não possui valor – e aqui entendemos o porquê de tantos investimentos em propaganda e

[43] As forças produtivas no capitalismo se relacionam à produção de bens comercializáveis, ou mercadorias, que resultam em mais valia. A força de trabalho é o que o trabalhador dispõe e vende como mercadoria para o capitalista, formando o trabalho social (HARVEY, 2016). Capitalista é aquele que detém os meios de produção.

[44] O trabalho útil, por sua vez, é aquele definido pelas particularidades específicas de cada processo de trabalho. Por exemplo: o trabalho útil empregado para fazer óculos se difere daquele empenhado na construção de uma parede. É importante ressaltar aqui que o trabalho útil inexiste sem o trabalho abstrato: eles são duas dimensões do mesmo, qual seja, o próprio trabalho (informação verbal - Fala da professora Marina Machado Gouvea na videoaula 02 ""Lendo o capital na quarentena: Mercadoria, valor e trabalho", disponível em: https://youtu.be/RlR6966Dsfk).

[45] A necessidade criada, ou imaginária por um objeto, a qual extrapola a realidade física e concreta do objeto, compõe a discussão sobre o fetiche da mercadoria desenvolvida por Marx (2013).

marketing.

O valor de uso relaciona-se, ainda, às características físicas, concretas da mercadoria, sua materialidade, durabilidade, resistência, aparência. Um mesmo material possibilita diferentes mercadorias (podemos pensar nos mais diferentes artefatos de madeira). E diferentes materiais podem desempenhar uma mesma função (por exemplo, um sistema estrutural em madeira, aço ou concreto armado).

O valor de troca, por sua vez, determina quanto vale esta mercadoria em termos quantitativos, define a grandeza ou a magnitude do valor[46]. E esta grandeza é justamente medida pela quantidade de trabalho social empenhada. Se os materiais e as ferramentas variam para a realização de diferentes produtos, o trabalho é sempre o mesmo – e aqui nos referimos ao trabalho social, representado através de sua abstração enquanto trabalho social médio. "Como valores, todas as mercadorias são apenas medidas determinadas de tempo de trabalho cristalizado" (MARX, 2013, p. 163).

> Por essa razão, mercadorias em que estão contidas quantidades iguais de trabalho ou que podem ser produzidas no mesmo tempo de trabalho têm a mesma grandeza de valor. O valor de uma mercadoria está para o valor de qualquer outra mercadoria assim como o tempo de trabalho necessário para a produção de uma está para o tempo de trabalho necessário para a produção de outra (MARX, 2013, p.163).

Assim, em tese[47], quanto mais trabalho é adicionado para a produção de uma mercadoria, maior será o seu valor de troca. Como exemplo, Marx (2013) compara um casaco com dez braças de linho. O casaco, como somatória de diferentes etapas de trabalho, será trocado por um valor maior que o valor do linho. Por isso se diz que agregamos valor ao transformar um tecido em roupa, ou uma fruta em geleia – adicionamos trabalho!

A sociedade capitalista está arranjada, predominantemente, de forma tal que, se não somos detentores dos meios de produção (terra e os bens da terra, fábricas, fontes de energia), vendemos a nossa força de trabalho para obter um salário e, assim, adquirir as mercadorias – trata-se do trabalho livre e assalariado. Se em períodos históricos anteriores éramos capazes de produzir itens necessários à nossa sobrevivência e fazer escambo por aqueles fora de nosso domínio, com o amadurecimento do capitalismo (e a consequente simplificação e alienação do trabalho) a reprodução da vida através da compra da mercadoria tornou-se algo imperativo – vendemos nossa força de trabalho por um salário com o qual adquirimos mercadorias, desde o pão até um ingresso para a apresentação de teatro. Este salário é determinado socialmente a depender da função desempenhada, independente de quanto produzimos e do esforço do nosso corpo, e é relativo ao valor de trabalho médio, abstrato, marcado pelo tempo do

[46] Fala da professora Marina Machado Gouvea na videoaula 02 "Lendo o capital na quarentena: Mercadoria, valor e trabalho", disponível em: https://youtu.be/RIR6966Dsfk.

[47] Em tese porque ao valor também se adiciona a necessidade imaginária pelo objeto, a necessidade criada, ou o fetiche, nas palavras de Marx (2013).

relógio.

É neste processo de estabelecer o valor de troca enquanto medida de trabalho social médio que existe a possibilidade do mais valor. O trabalho médio[48], em si, não existe, sendo apenas uma referência para a medida de valor. O que existe, na realidade, é a produtividade individual – uma pessoa pode fazer mais ou menos itens num mesmo período, mas o valor de troca desta produção será equivalente ao valor do trabalho médio, determinado socialmente. Digamos que o valor de troca de um item qualquer equivale a meia hora de trabalho social médio. Se a pessoa "A" produz este item em uma hora, poderá vendê-lo pelo valor de troca de meia hora, apesar de ter empenhado mais trabalho para produzir uma unidade. A pessoa "B", no entanto, consegue produzir quatro itens nesta mesma meia hora, ou seja, empregando menos trabalho consegue produzir mais itens – no entanto, poderá vender estes itens pelo equivalente a meia hora. Em termos simplificados, a pessoa "A" terá prejuízo, enquanto a pessoa "B" sairá no lucro, irá dispor de mais itens para a troca empregando menos trabalho.

Se as pessoas "A" e "B" fazem parte de uma mesma unidade produtiva, podemos dizer que esta unidade produziu cinco itens em uma hora e meia de trabalho – ou seja, há cinco itens para serem trocados / vendidos, sob o custo de uma hora e meia de trabalho social. Se o conjunto de trabalhadores da unidade produz 10 itens nesta mesma uma hora e meia, o valor repassado aos trabalhadores ainda será referente a uma hora e meia de trabalho, a despeito de terem gerado mais itens para serem transformados em valor de troca. Ou seja, o capitalista paga pela força de trabalho das pessoas individualmente, mas não a força combinada deste conjunto de pessoas. Esta transferência de valor conseguida pelo trabalho coletivo, mas não repassada ao trabalhador na esfera individual, representa o mais-valor (MARX, 2013).

A organização do trabalho promovida pelo capitalismo em uma mesma unidade de produção busca, justamente, potencializar a força de trabalho reduzindo a quantidade de trabalho empregada para produzir um mesmo item – ou, uma mesma quantidade de energia, ou força de trabalho, produzindo mais unidades. Ao mesmo tempo, potencializa o uso dos instrumentos de trabalho (ferramentas, máquinas, edificação) e dos materiais através da sua concentração, sem contar o efeito do aumento da produtividade decorrente do agrupamento de pessoas em um espaço compartilhado de trabalho (MARX, 2013). O objetivo final deste movimento é a produtividade, definida enquanto "quantidade de unidades que uma pessoa consegue produzir com uma mesma quantidade de trabalho, não necessariamente no

[48] Trabalho social médio é definido por Marx (2013) como a soma da produção do trabalho de um conjunto de trabalhadores (maior ou igual a cinco pessoas), organizados por um capitalista, de acordo com um plano. Isso porque grupos de trabalhadores tendem a ter o mesmo "rendimento". O processo de agrupar colabora para a diluição dos desempenhos individuais, apesar de permanecer um nível de exigência mínimo – caso o trabalhador não o atinja, é demitido ou recebe menos remuneração.

mesmo tempo”[49].

O aumento da produtividade é possível mediante dois principais mecanismos[50]: pela reorganização da força de trabalho ou através da inserção de uma inovação tecnológica. No Capital, Marx (2013) organiza os capítulos de modo a apresentar, cronologicamente e didaticamente, o processo de divisão e especialização do trabalho, em princípio apenas pela reorganização da força de trabalho na cooperação e manufatura, explicando, na sequência, a grande indústria e as importantes transformações sociais potencializadas pela introdução da maquinaria, principalmente para o trabalhador. O predomínio da produção industrial e as relações estabelecidas por sua consolidação representam o estabelecimento da economia capitalista.

As máquinas[51], símbolos da indústria e da aplicação consciente das forças naturais, foram projetadas para o aumento da capacidade produtiva, para a redução dos custos e dos tempos de produção, o que possibilitou, ao mesmo tempo, a geração de excedentes acessíveis a grande parte da população e a geração de mais-valor para os capitalistas. Partindo da compreensão das etapas de trabalho, elas juntaram diferentes ferramentas para a transformação do material em produto, produzindo de maneira mecânica, rápida e padronizada itens que antes eram fruto do conhecimento e da habilidade de trabalhadores munidos de suas ferramentas mais básicas, obedecendo o ritmo de trabalho ditado pela capacidade de seu corpo.

A máquina substituiu o ritmo humano de produção passando a demandar outras fontes de energia, fomentando o desenvolvimento de novas tecnologias e inovações em todos os âmbitos – um motor mais potente, redes e meios de transporte para o escoamento da produção, o sistema bancário, os meios de comunicação, assim como um sistema político e jurídico responsável de suporte e validação (HARVEY, 2013).

Este modelo teve importantes implicações em termos sociais, econômicos, urbanísticos, ambientais como, por exemplo, a concentração de riquezas, de bens e de oportunidades; a desigualdade social enquanto pressuposto e a perpetuação da pobreza; a atual organização das cidades e a segregação socioespacial; a exploração sempre crescente dos recursos ambientais e humanos seguida da geração de resíduos e poluição; e, atualmente, o aquecimento global e as mudanças climáticas – tudo por conta

---

[49] Fala da professora Marina Machado Gouvea na videoaula 02 “Lendo o capital na quarentena: Mercadoria, valor e trabalho”.
[50] Também poderíamos incluir um terceiro mecanismo, qual seja, o aumento da jornada de trabalho.
[51] As máquinas, propulsoras da grande indústria, são importantes instrumentos de mediação entre homem e natureza inventadas pelos homens, e são, por este motivo, carregadas de valores para além de sua função técnica. A tecnologia que permite o desenvolvimento das máquinas não estaria, desta maneira, isenta dos pressupostos capitalistas de máxima produtividade para máxima lucratividade, pois ela também é resultado de um processo histórico social de base capitalista. E como nos chama a atenção Marx e Engels (2007, p. 47): “As ideias da classe dominante são, em cada época, as ideias dominantes, isto é, a classe que é a força material dominante da sociedade é, ao mesmo tempo, sua força espiritual dominante”.

da busca incessante pelo mais-valor e pelo lucro alcançados mediante aumento também incessante da produção. É destacado aqui dois destes resultados para fomentar a posterior discussão da sustentabilidade na construção civil: 1) a relação entre trabalho, trabalhador e a produção, e 2) o resultado da produção e consumo sempre crescente para o meio ambiente.

De acordo com Marx (2013), a perda de autonomia do trabalhador[52] se intensifica com a grande indústria. Com a simplificação do trabalho propiciado pela máquina, o homem passou a ser apenas o seu auxiliar. Esta perda de autonomia diante daquilo que produz foi resultado de um processo histórico anterior. Na produção artesanal o sujeito determinava os tempos de produção, limitado ao seu ritmo e capacidade física, e detinha o conhecimento de todo o processo na confecção, como as técnicas e as ferramentas necessárias, passo a passo, da matéria prima até o objeto acabado.

O arranjo do trabalhador através da manufatura propiciou o aumento da produtividade e reduziu os custos de produção. Para tanto, foi necessário, entre outros fatores, concentrá-los em um mesmo local compartilhando o espaço e os instrumentos de produção e aplicando a divisão social do trabalho através da definição de tarefas parciais. Por exemplo, se antes toda uma carruagem era feita pelo mesmo trabalhador, neste novo arranjo eles foram divididos: uma equipe faz apenas as rodas e se especializa em rodas; outra equipe apenas o estofado e se especializa neste produto, e assim por diante. A equipe de rodas poderá fornecer rodas para diferentes pessoas. A carroça será o produto final da combinação de diferentes partes fornecidas por grupos de trabalhadores diferentes. Marx (2013) denomina este processo como a transformação do trabalhador individual em trabalhador coletivo. Apesar de perder parte do entendimento da totalidade daquilo que produzia, o ritmo da produção ainda era ditado pelo corpo do trabalhador – ele era a energia motriz.

Com a industrialização houve uma divisão do trabalho ainda maior. O trabalho foi repartido em tarefas tão simples que o trabalho humano passou a se resumir a movimentos repetitivos em auxílio às máquinas, ou apenas ao seu monitoramento – trabalho possível de ser executado por qualquer pessoa, sem necessidade de maior qualificação profissional. Provida de um motor gerador de sua própria energia, e dividindo um processo de produção anteriormente complexo em partes simplificadas, a máquina passou a ditar o ritmo. Isso permitiu a redução dos custos de capacitação do trabalhador (custos de aprendizagem), assim como do valor repassado a ele, e contribuiu para a inserção de mulheres e crianças nas indústrias (a força física não era mais imprescindível) impactando a organização social da família[53]. Cabe ressaltar que, com a introdução de máquinas cada vez mais complexas, o trabalhador foi

[52] Trata-se aqui do trabalhador responsável pela produção de mercadorias, não incluindo os comerciantes e prestadores de serviços.

[53] De acordo com Marx (2013), com a introdução das máquinas houve o aumento da produtividade do trabalhador, ou seja, num mesmo período um mesmo trabalhador passou a produzir mais. Isso não foi seguido de acréscimo de pagamento por

sendo destituído dos meios de produção, passando a dispor apenas da força física para a sua reprodução material – ou a transformação de seu trabalho em mercadoria.

Outra importante implicação foi o que Marx (2013) chamou de subsunção real do trabalho. Se antes o trabalhador detinha conhecimento suficiente para produzir artefatos e o fazia para atender as suas necessidades, com o tempo e a evolução da indústria ele deixa de deter tanto o conhecimento quanto a "vontade" de produzir – produz seguindo prescrições alheias ao seu saber, que não lhe confere nenhum domínio técnico sobre o todo que produz, seguindo uma necessidade que também lhe é externa, a necessidade da indústria, de quem o emprega. Resta-lhe, apenas, a sua força de trabalho aplicada em atividades cada vez mais parcializadas, o que, em conjunto com as demais características apontadas, lhe confere a posição de trabalhador alienado.

O aumento da produtividade na indústria numa escala de tempo menor contribuiu para a redução do custo do produto, tornando aqueles feitos através de cooperação ou artesanato mais caros, e por isso, menos competitivos no mercado[54]. Quando se reduziu o custo dos produtos, principalmente aqueles essenciais à reprodução material do trabalhador, também foi possível limitar o seu salário, sendo este sempre estabelecido no mínimo necessário à sua sobrevivência – com parte custeada pelo Estado, é importante ressaltar[55].

Houve, ainda, gradativo encolhimento da capacidade de absorção de trabalhadores pela indústria, criando o que Marx (2013) chamou de exército industrial de reserva, o que representou, novamente, reduções salariais – visto que o aumento da oferta de mão de obra possibilitou a queda dos salários. Neste sentido, para Harvey (2013, p. 234) "[...] os capitalistas desenvolvem conscientemente novas tecnologias como instrumentos da luta de classes. Essas tecnologias não apenas servem para disciplinar o trabalhador dentro do processo de trabalho, como também ajudam a criar um excedente de trabalho

---

produção, pois o salário era determinado por jornada. Se a remuneração é mantida, mas a produção é aumentada, em termos gerais isso quer dizer que o trabalhador passou a receber menos pelo produto fabricado. Ao mesmo tempo o produto teve seu custo reduzido, pois sobre ele, não houve novas incidências de custo de trabalho. Em termos relativos, isso quer dizer que as máquinas potencializaram as forças produtivas reduzindo os custos do trabalhador. Ainda, de acordo com o autor, a introdução de mulheres e crianças no mercado de trabalho em longas jornadas, especificamente nas indústrias através da maquinaria, também garantiu a quebra da resistência dos trabalhadores masculinos diante do despotismo do capitalismo, reduzindo movimentos de rebeliões. Ao empregar toda a família, a indústria aumentou seus gastos no total de pagamentos, mas reduziu o que a família recebia em sua totalidade, pois o valor de cada trabalhador era diferente – mulher e criança, principalmente.

[54] Nem por isso os modos de produção através do artesanato e da manufatura deixaram de existir, eles coexistem. A partir de certo momento o emprego das máquinas passou a ser fundamental para a geração de mais valor, mas isso não se estendeu para todas as atividades produtivas ainda hoje, como podemos perceber através da análise da construção civil. De acordo com Marx (2013, p. 572): "Considerada exclusivamente como meio de barateamento do produto, o limite para o uso da maquinaria está dado na condição de que sua própria produção custe menos trabalho do que o trabalho que sua aplicação substitui".

[55] Saúde, educação, saneamento básico – sem a atuação do Estado suprindo itens como estes não seria possível à própria indústria manter o seu ritmo, seus salários, suas relações com os trabalhadores.

que reduz os salários e as ambições do trabalhador". Trata-se, desta forma, de instrumento de dominação, concebido e desenhado visando o aumento da produção com a redução do trabalho aplicado por item[56].

O aumento da produtividade advindo da introdução das máquinas e que restringe o valor repassado ao trabalhador, também requer a circulação das mercadorias e a realização do consumo. Parece uma contradição, mas para que o capitalismo funcione ele precisa de consumidores constantes e motivados, e o próprio sistema colabora para isso, já que novas necessidades são criadas incessantemente, de modo que sempre se procura trocar o salário conquistado pelo trabalho pelo maior número de mercadorias possíveis. "O capitalismo é o modo de produção no qual a luta de classes – toda a pressão por redistribuição de renda em benefício dos não proprietários do capital – implica cedo ou tarde o aumento do consumo, o que realimenta, sucessivamente, pelo lado da demanda, o mecanismo de acumulação" (MARQUES, 2015, p. 513).

A lógica da acumulação no sistema industrial tem como premissa o crescimento infinito da produção e da criação ilimitada de novas necessidades (MARQUES, 2015). Uma vez atendidas as necessidades básicas, se não estimulados novos desejos, ocorre a subutilização do capital investido em meios de produção. E, neste sentido, a inovação tecnológica se faz imprescindível. A produção do novo é essencial para a sobrevivência das empresas no mercado. A cada inovação abrem-se "nichos de oportunidades" para o surgimento de novas empresas e serviços[57]. Surtos de inovação garantem o monopólio provisório dos lucros (HARVEY, 2016) seguido pelo esforço de várias empresas atingirem o mesmo patamar,

---

[56] Ver o filme "A classe operária vai ao paraíso" (1971), dirigido por Elio Petri, escrito por Ugo Pirro e Elio Petri.

[57] Esta passagem de Otto Ullrich expressa de maneira bastante ilustrativa o poder de multiplicação de um novo produto: *"En su aspecto exterior las maquinas y los productos industriales son objetos aislados que pueden ser empleados libremente y por doquiera como herramientas, según la decisión del usuario. Con ellos, sin embargo, típicamente viene una red infraestructural de condiciones técnicas, sociales y psicológicas, sin las cuales las maquinas y productos no trabajan. Para usar verdaderamente un automóvil se necesita una infraestructura tecnológica compuesta de redes de calles con estaciones de gasolina, refinerías, pozos de petróleo, talleres, seguros, servicios de policía y ambulancia, abogados, fabricas de automóviles, almacenes de repuestos y mucho mas. Y, por el lado psicosocial, se necesita personas que conformaran a todas las instalaciones y medios e instituciones y que pueden funcionar en ellas. Y así uno necesita lecciones de manejo, entrenamiento para que los niños crucen las calles, concienzudos propietarios de estaciones de gasolina y talleres de reparación, y en general, el experto y diligente trabajador industrial quien a su vez implica educación, disciplina y todavía mas educación. Cada producto industrial como éste trae consigo sus requerimientos correspondientes y sólo puede funcionar con su infraestructura asociada y la preparación psicosocial de la gente"* (ULLRICH, 1996, p.373). Traduzindo livremente: "Em sua aparência externa, máquinas e produtos industriais são objetos isolados que podem ser usados livremente e em qualquer lugar como ferramentas, de acordo com a decisão do usuário. Com eles, no entanto, normalmente vem uma rede infraestrutural de condições técnicas, sociais e psicológicas, sem as quais máquinas e produtos não funcionam. Para usar um carro de verdade é necessária uma infraestrutura tecnológica composta por redes viárias com postos de gasolina, refinarias, poços de petróleo, oficinas, seguros, polícia e ambulâncias, advogados, fábricas de automóveis, depósitos de peças de reposição e muito mais. E, do lado psicossocial, são necessárias pessoas que constituam todas as instalações, meios de comunicação e instituições e que possam funcionar nelas. E para isso são necessárias aulas de direção, treinamento para crianças atravessarem as ruas, proprietários conscienciosos de postos de gasolina e oficinas e, em geral, o trabalhador industrial qualificado e diligente que por sua vez implica educação, disciplina e ainda mais educação. Cada produto industrial como este traz consigo os seus requisitos correspondentes e só pode funcionar com a sua infraestrutura associada e com a preparação psicossocial das pessoas".

movimentando, por isso, toda a cadeia de produção. Por outro lado, os consumidores são incentivados a acreditar que o novo é sempre mais interessante e que não o ter representa um fracasso pessoal (SANTOS, 2003). Trata-se da obsolescência subjetiva. Nada é durável ou permanente, está sempre em evolução ou aprimoramento. Nunca se trata de uma tecnologia acabada, largamente explorada, em sua mais alta performance.

Como exemplo pode-se citar os aparelhos celulares: a cada ano surge um novo modelo, com uma nova funcionalidade. Mas esta funcionalidade raramente pode ser incorporada ao aparelho antigo, já adquirido. E mesmo que seja feito um esforço para manter um aparelho, em algum breve momento ele deixará de funcionar e o seu conserto não será economicamente viável[58]. Poucas peças deste aparelho serão reaproveitadas[59] ou recicladas para a confecção de um novo, apenas as mais valiosas, como as de ouro. Uma vez que o aparelho esteja obsoleto, quase todas as suas partes serão descartadas, podendo ser encaminhadas aos lixões para se acumular por décadas, ou ser incineradas, com potencial lançamento de gases tóxicos para a atmosfera, ainda que exista políticas de destinação de resíduos.

Pode-se argumentar que aparelhos celulares estão mesmo em constante aperfeiçoamento por serem produtos da tecnologia da informação, campo em ascensão. Mas todo o percurso de produção - consumo – descarte aplicado a eles também vale para eletroeletrônicos, sapatos, roupas, quinquilharias em geral, e tudo aquilo que se relaciona à moda[60].

De acordo com Marques (2015), a produção de resíduos na sociedade capitalista segue uma lógica própria, imprescindível à sua manutenção, o que faz com o que lixo seja entendido como o marco da sociedade industrializada. Este ciclo de produção-consumo-descarte se mantém por meio de três fatores principais, explicitados pelo autor: 1) a obsolescência programada, 2) o consumismo compulsivo e 3) o crédito ao consumidor. A obsolescência programada nada mais é do que a determinação da vida útil de um produto durante o seu processo de projeto e de fabricação. Produtos duráveis restringem a demanda por novos produtos subutilizando a grande capacidade produtiva da indústria, e podem gerar crises de superprodução como aquela ocorrida no final da década de 1920 nos Estados Unidos. Para que a obsolescência seja socialmente aceita é incentivado o consumo compulsivo de bens, chamado por Marques (2015) de neofilia. A neofilia é estimulada por setores responsáveis pela manipulação de novos

---

[58] Vários modelos em comercialização hoje foram produzidos com a "bateria interna", mecanismo que não possibilita a sua substituição. Isso pressupõe que uma vez que a bateria deixe de funcionar todo o aparelho será descartado, sem nenhuma possibilidade de mantê-lo pelo consumidor.

[59] De acordo com Marques (2015, p.202), "Um telefone celular é jogado no lixo em média após 18 meses de uso; apenas em 2007, mais de 155 milhões de telefones celulares foram jogados fora no mundo, sendo que, em geral, 400 milhões de produtos eletrônicos são descartados anualmente. No Brasil, 'são descartadas anualmente 97 mil toneladas de computadores [...] e 140 mil toneladas de telefones. A *ABI Research* calculou que apenas 13% do lixo eletrônico mundial é reciclado".

[60] Ver o documentário "A história das Coisas" de Annie Leonard; "*Hapiness"* de Steve Cutts.

desejos e a programação do comportamento sociocultural, como é o caso da publicidade, da propaganda e do marketing. Eles atuam na subjetividade do consumidor relacionando consumo a bem-estar, a satisfação, sucesso pessoal e inclusão social, promovendo, muitas das vezes, a aquisição de bens desnecessários, inúteis ou mesmo prejudiciais à saúde. E, por fim, temos a criação e o incentivo ao crédito ao consumidor, através do parcelamento de pagamentos em prestações, permitiu a inclusão das diferentes classes sociais no movimento do consumo, perpetuando uma verdadeira inversão de valores – há a reivindicação pelo direito ao consumo, e não mais por direitos sociais universais como a saúde e a educação, cada vez mais transformados em mercadorias.

O consumidor modelo é aquele alienado, destituído de crítica, indiferente aos resultados de sua ação. E como o consumo está diretamente relacionado à capacidade de compra, e esta última à venda da força de trabalho, o resultado é a submissão do trabalhador às mais variadas formas de exploração, a realização do trabalho alienado e alienante e o não entendimento do seu verdadeiro papel na sociedade – perpetuando-se, então, a estrutura de exploração sem contestações. Este esvaziamento da crítica do trabalhador é uma das perversidades fomentadas pelo sistema de produção. Num mundo onde se é constantemente bombardeado por propagandas, ter clareza do que é realmente necessário para o bem-estar é um difícil desafio[61].

Outra perversidade relacionada ao trabalho está no fato de que o trabalho social também é uma mercadoria. Só sobrevivemos se vendermos a nossa força de trabalho, pois a nossa relação com o mundo é mediada pela mercadoria e, na sociedade capitalista, não é a necessidade que decide sobre o acesso ou não a um produto, serviço ou meio de produção, mas, sim, a capacidade de pagamento do consumidor (ANDRIOLI, 2009).

A produção de mercadorias pressupõe a exploração de recursos naturais – matéria prima e energia. A produção infinita de mercadorias, nos moldes capitalista, implica a exploração infinita de recursos naturais e energia a fim de suprir a ilimitada criação de novas necessidades. Veja bem, aqui há uma inversão fundamental: a tecnologia não mais é empenhada para suprir uma necessidade, mas para criar necessidades que garantam o consumo sempre constante.

No entanto, apesar do desejo pelo infinito fomentado pelo capitalismo, já é sabido que os recursos naturais disponíveis no planeta são limitados, portanto, finitos, e que este modelo de exploração tem provocado impactos ambientais e sociais irreversíveis, como é o caso do aquecimento global. Neste cenário, decisões que implicam a perda de lucros a favor do meio ambiente são desconsideradas, pois

[61] Sobre consumismo ver: "A vida para o consumo", livro de de Zygmunt Bauman de 2007; "O Estado do Mundo: Transformando Culturas – do consumismo a sustentabilidade" de 2010, documento promovido pelo *Worldwatch Institute* (WWI).

o compromisso de toda a produção de bens tem sido com os acionistas que empenharam capital em diferentes negócios, interessados, portanto, em sua lucratividade (HARVEY, 2016). E esta ação é prontamente apoiada pelos diferentes governos, os quais desconsideram deliberadamente os riscos associados a este modo de operar, como um colapso ambiental e social, ou mesmo os benefícios decorrentes de preservar reservas florestais, estoques de água limpa, o potencial biológico do solo, o ar limpo (MARQUES, 2015).

A busca pela produção material infinita tem contribuído para a redução da segurança humana, haja vista as implicações decorrentes da geração de lixo, poluição ambiental, produção de elementos tóxicos e a liberação de gases de efeito estufa. Também está apoiada em bases díspares, basta verificar a enorme desigualdade de distribuição de renda publicizada por diferentes organizações[62]. E, se mesmo assim, fosse empenhado esforço verdadeiro em garantir a universalização da oportunidade de consumo de bens materiais segundo os padrões de países como Estados Unidos e Japão, isso não seria possível, pois não haveria recurso ambiental suficiente para todos. Necessitaríamos, para tanto, de pelo menos cinco planetas Terra (BOFF, 2015)[63].

No que diz respeito ao CO_2, conforme o *relatório O Estado do Mundo de 2010*, com base no estudo do ecologista Stephen Pacala, 7% da população mais rica do planeta, ou aproximadamente 500 milhões de pessoas, são responsáveis por 50% das emissões deste gás, enquanto as 3 bilhões mais pobres colaboram com apenas 6% (WWI, 2010) - ou seja, o impacto das emissões se relaciona diretamente com a capacidade de consumo, atestando mais uma vez a impossibilidade de equiparar o consumo entre ricos e pobres.

Em resumo, pautar os níveis de desenvolvimento de um país pela geração de riqueza, e a qualidade de vida de uma população pelo acesso aos bens de consumo materiais é um equívoco. Nunca será possível, ainda que se queira[64], atingir este nível de igualdade. E se ainda necessitamos de tecnologia para garantir o atendimento às nossas necessidades básicas, como alimento, vestuário, habitação, água potável, saneamento básico, é extremamente necessário que ela seja construída baseada em interesses

---

[62] Os dados levantados pela Oxfam (2017) relativos ao ano de 2015 mostram que apenas 1% da população detém 50% de toda a riqueza produzida pela população mundial - apenas oito bilionários possuem o mesmo que a metade mais pobre da humanidade. No Brasil a diferença é um pouco maior: seis pessoas possuem a mesma "riqueza" que a soma de 50% da população mais pobre, cerca de 100 milhões de brasileiros.

[63] De acordo com o relatório *O Estado do Mundo* (WWI, 2010), se todos vivessem com o mesmo nível de consumo dos norte-americanos a Terra poderia sustentar apenas 1,4 bilhão de pessoas, e não os 6,8 bilhões existentes naquele ano.

[64] Como veremos no capítulo 2, quando da discussão sobre o desenvolvimento sustentável, é o capitalismo que institui a ilusão de possibilidade de igualdade de acesso aos bens e serviços como questão, o que seria alcançado mediante o esforço das diferentes nações em se tornarem "desenvolvidas", e, no âmbito do indivíduo, do seu desenvolvimento através do esforço individual do trabalho. Nossa sociedade é historicamente desigual, permeada pelas mais diferentes injustiças, sendo as conquistas sociais alcançadas mediante lutas e disputas coletivas. O capitalismo tenta diluir este entendimento e, assim, reduzir a resistência aos seus próprios mecanismos de dominação e às suas mais variadas formas de exploração.

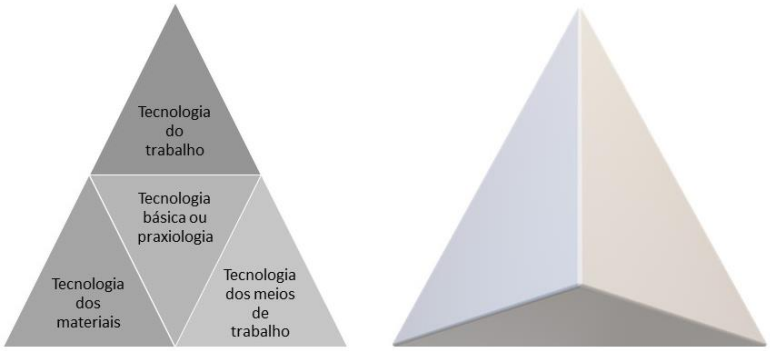
diversos da geração de mais valor – considerando, principalmente, o impacto ambiental e social das possibilidades.

1.4. Mas, então, o que é a tecnologia?

A partir da discussão realizada, pode-se definir a tecnologia como o conjunto de conhecimentos que tornam possível a produção de bens. Como o conhecimento é resultado de empenho humano, está relacionado à Ciência e ao seu desenvolvimento. Mas este conhecimento não se realiza em si, só se transformando em um bem quando movimenta, em conjunto, os materiais, as ferramentas e o trabalho. Desta forma, ao definir uma tecnologia se delimita, em conjunto, o modo de produzir e, portanto, o conhecimento sobre os materiais, trabalho e ferramentas, inclusive como se aplicam, organizam-se, quem detém e como compartilha este conhecimento.

Dentre os autores consultados, é Ruy Gama (1986) quem traz de maneira mais aplicável uma conceituação de tecnologia que nos auxilia na concepção de tecnologia construtiva. O autor se apoia nos textos de Marx e na física de Aristóteles (as Quatro Causas Aristotélicas) para construir um modelo espacial da tecnologia, conforme representado pela Figura 3. Para o autor, cada face do tetraedro corresponde a um dos elementos constitutivos da tecnologia, elementos que coincidem com os mesmos aplicados ao processo de trabalho. O modelo pode ser utilizado para entender como um objeto é produzido imaginando-o posicionado no centro do tetraedro e o avaliando através de suas diferentes faces. O autor dá como exemplo um trator: podemos posicioná-lo no centro do tetraedro e analisar os diferentes aspectos da tecnologia. Ou podemos posicionar o seu motor, ou mesmo apenas uma peça deste último.

Figura 3 - Representação espacial da tecnologia. A tecnologia é o tetraedro em sua totalidade.



Fonte: Gama, 1986, p. 195.

Mesmo incorrendo no risco da obviedade, é importante esclarecer qual o significado destes elementos, com base nos textos de Gama (1986, 1990):

- Tecnologia do trabalho: é atividade adequada a um fim ou atividade material orientada por um projeto

- uma concepção previamente concebida; ato de modificar a natureza a fim de produzir itens necessários à reprodução material humana, onde o homem, ao modificar a natureza, modifica a si mesmo expandindo suas habilidades e as possibilidades decorrentes de seu trabalho. Compreende movimentos, gestos e atitudes de trabalho, questões relativas ao tempo de trabalho (a organização científica ou racional deste), além das formas organizacionais - a divisão do trabalho e a relação entre trabalhadores no processo de produção. Pressupõe ainda questões relativas à transmissão de conhecimento e das habilidades, seja por meio do sistema escolarizado ou de aprendizagem, ou as estruturas de controle e gestão do processo e do trabalho. Por fim, trata de questões relacionadas à segurança, ergonomia e à medicina do trabalho;

- Tecnologia do material / matéria: é o objeto de trabalho sobre o qual se exerce a ação do homem. Todos os itens usados pelo homem são pedaços do planeta Terra transformados pelo trabalho. Um material pode ser algo natural ou o objeto de uma atividade anterior, como uma tora de madeira é o objeto de uma serraria, e como a madeira serrada o será para o carpinteiro;

- Tecnologia dos meios de trabalho / ferramentas: é o instrumental de trabalho, meio pelo qual o "homem" exerce a sua atividade sobre o material. É a mediação entre o trabalhador e seu objeto de trabalho, geralmente resultado de um trabalho já empregado, como um martelo ou uma máquina de perfurar o solo para a execução de fundações. Aqui também se inclui as diferentes formas de energia e o conhecimento sobre os instrumentos, utensílios, ferramentas e máquinas.

- Tecnologia básica e praxiologia: Gama (1986) define praxiologia como a lógica da atividade racional operada para a ação. Seria a ciência da eficácia, voltada para a produção e organizada a partir de quatro princípios: "1) Preparação através de uma reflexão prévia sobre a ação. 2) Economia dos atos. 3) Instrumentação e utilização dos meios materiais. 4) Organização dos diversos agentes: integração, coordenação, concentração sobre o mesmo fim" (GAMA, 1986, p. 200). Já a tecnologia básica engloba o conjunto de conhecimentos (disciplinas e técnicas) que dão apoio aos outros componentes da tecnologia, acumulados historicamente pela humanidade. Inclui disciplinas como a matemática, a física, a heurística, mas também sistemas de medidas, normas técnicas, métodos e processos. Questões como custo e viabilidade estariam nesta face do tetraedro, além da educação técnica das disciplinas de base necessárias a qualquer especialização.

A tecnologia moderna[65], assim, para o autor, implica necessariamente no conjunto dos quatro elementos e, tal como qualquer outra investigação científica implica, para a sua proposição e desenvolvimento, nas etapas de definição do problema, revisão dos conhecimentos já existentes sobre o assunto, formulação

[65] Tecnologia moderna, reforçando o argumento do autor, por ser aquela desenvolvida em conjunto com o próprio desenvolvimento do capitalismo, como ciência do trabalho produtivo.

de hipóteses, planejamento e execução de experiências, avaliação dos resultados, revisão, etc.

Diante do exposto, e seguindo a linha de reflexão proposta por Gama (1986), é importante aqui fazermos uma reflexão: A tecnologia seria algo material? Se assim o fosse, poderíamos dizer que um celular é uma tecnologia, assim como uma viga em balanço - o que não é, eles são produtos tecnológicos. Neste sentido, o painel solar e o ar-condicionado citados no início deste capítulo não são tecnologias, trata-se de uma nomeação inadequada, de acordo com a abordagem empregada por esta tese.

A tecnologia implica no conjunto de conhecimentos relacionados ao trabalho, materiais e ferramentas empenhados na produção de algum bem destinado a suprir necessidades humanas, sejam elas essenciais ou "induzidas"[66]. E, como ocorre em qualquer processo, a tecnologia é resultado de decisões feitas pelos homens e, por isso, o seu desenvolvimento é totalmente influenciado pelas questões socioculturais, políticas e econômicas.

1.5 E a tecnologia construtiva?

Na construção civil a tecnologia é discutida no âmbito dos ***processos construtivos*** e na ***aplicação dos materiais*** para se realizar uma obra ou produto. Mais precisamente, nas palavras de Vargas (1994, p. 213), tecnologia é "[...] o estudo ou tratado das aplicações de métodos, teorias, experiências, e conclusões da ciência do conhecimento dos materiais e processos utilizados pela técnica". Neste sentido, para o autor, é função da engenharia e da arquitetura se apropriar da tecnologia para construir obras, fabricar produtos e alterar a natureza.

A tecnologia construtiva, por sua vez, é definida por Sabbatini (1989, p. 48) enquanto "[...] um conjunto sistematizado de conhecimentos científicos e empíricos pertinentes a um modo específico de se construir um edifício (ou uma sua parte) e empregado na criação, produção e difusão deste modo de construir". Existem, de acordo com o autor, diferentes tecnologias construtivas sendo cada uma delas referente a um modo de construir.

A partir de tudo o que foi discutido até este ponto do texto podemos dizer que a ***tecnologia construtiva compreende um conjunto sistematizado de conhecimentos teóricos e práticos que serão empenhados na produção das edificações e de suas diferentes partes, incluindo aspectos relacionados ao trabalho, ao material, aos meios de trabalho e aos demais conhecimentos e convenções já estabelecidos***. Por isso, demanda reflexão, planejamento, comunicação ou transmissão de conhecimentos, ensino e formação de trabalhadores em todos os níveis, além de pesquisa científica.

---

[66] Necessidades induzidas são aquelas resultantes de propaganda e marketing promotores do consumismo, em especial de itens que não fazem diferença em nossas vidas, mas que são postos como indispensáveis.

Por fim, o objeto resultado da tecnologia ocorre a partir da determinação de processos, procedimentos e métodos que mobilizam, mais uma vez, trabalho, meios de produção e o conjunto de conhecimentos.

Em termos práticos, e pensando na hierarquia construtiva, é importante destacar que a tecnologia é algo transversal ao material, componente, elemento ou sistema construtivo. Trata-se da tecnologia do material, tecnologia do componente construtivo, tecnologia do elemento, tecnologia dos sistemas construtivos e tecnologia da edificação, a partir de um recorte macro ou micro daquilo que se observa. Voltando ao exemplo de Gama (1986), podemos substituir o trator pela edificação no centro do tetraedro e observá-la em relação aos seus diferentes elementos indicados. Mas podemos também escolher para a análise um sistema construtivo, ou apenas um componente deste sistema.

1.6. Tecnologia construtiva, inovação tecnológica e arquitetura

A construção civil, da qual a arquitetura é parte constituinte, é um setor produtivo complexo e tem relação direta com a estrutura produtiva vigente, em qualquer sociedade, nos diferentes momentos históricos (VIANNA, 1989). É de se esperar, assim, que impere neste setor a mesma lógica produtivista própria da economia capitalista.

O canteiro de obras é o local para onde toda a complexidade da construção civil conflui a fim de materializar o ambiente social, desde barragens, estação de tratamento de esgoto, estação de metrô, rodovias, ruas (subsetor de construção pesada); estruturas industriais, sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia (subsetor de montagem industrial); assim como escolas, igrejas, posto de saúde, casas (subsetor de edificações). O que aproxima os subsetores da construção pesada, montagem industrial e edificações, de acordo com Farah (1996), é o caráter único do produto, fruto da função a ser desempenhada e das condições de sua implantação; a divisão do processo produtivo em etapas relativamente autônomas, simultâneas e subsequentes; e o caráter provisório das instalações produtivas a despeito da imobilidade do produto final. Diferem, por sua vez, em relação ao sistema produtivo e à organização do trabalho, portanto, da tecnologia incorporada. Neste trabalho manteremos o nosso foco no subsetor das edificações.

O subsetor das edificações, mais do que complexo, é extremamente amplo ao combinar diferentes tipos de agentes, atividades e serviços em sua cadeia de produção. Inclui, desta forma, de acordo Abiko (2005):

1) A administração municipal, estadual e federal;
2) As concessionárias de serviços públicos;
3) Investidores e agentes financeiros;

4) Empresas imobiliárias (vendedores);
5) Empresas incorporadoras;
6) Empreendedores;
7) Empresas de projeto e engenharia consultiva: arquitetos, engenheiros de diferentes áreas;
8) Consultores especializados;
9) Fabricantes de materiais, componentes e sistemas construtivos: setor responsável pela extração, fabricação e distribuição dos mesmos, como as mineradoras, siderúrgicas, metalúrgicas, a indústria química, madeireira, cerâmica, de plástico, de vidro, de equipamentos elétricos, hidráulicos e mecânicos, etc.;
10) Fabricantes de máquinas e ferramentas;
11) Os vendedores e / ou locadores de materiais e máquinas;
12) Fornecedores de subsistemas integrados;
13) Laboratórios de ensaio;
14) Organismos de certificação;
15) Instituições de ensino e pesquisa;
16) Empresas construtoras, subempreiteiras, cooperativas de trabalho, trabalhadores autônomos com diferentes especialidades;
17) Empresas especializadas em execução, como sondagem e fundações;
18) Empresas de gerenciamento de obras;
19) Empresas de marketing e pesquisa de mercado;
20) Empresas de manutenção predial;
21) Empresas de serviços condominiais;
22) Empresas de gerenciamento de facilidades;
23) Empresas de "comissionamento" de empreendimentos (*commissioning*);
24) Seguradoras e resseguradoras;
25) Clientes finais

Poderíamos incluir, ainda, empresas demolidoras e de comércio de materiais reutilizados; setores relacionados ao recebimento de resíduos da construção e demolição (RCD); sistemas de vigilância, entre tantos outros. Toda esta cadeia descrita movimenta setores responsáveis pela provisão de outros bens de consumo, como mobiliário e eletroeletrônicos necessários para o correto funcionamento e conforto das edificações. É neste sentido que se argumenta que a construção de edificações possui a particularidade de multiplicar serviços e empregos.

Esta rede de fornecedores, agentes e atividades tem sido nomeada de diferentes maneiras, não havendo consenso sobre como se referir a ela, ora designada de "macrossetor", "construbusiness", "macrocomplexo" ou "indústria", a depender da fonte. De acordo com Abiko (2005, p. 91):

> Por exemplo, o documento encomendado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) à Fundação Getúlio Vargas (FGV) emprega o termo "macrossetor" (CBIC, 2001[67]). Já estudo feito em nome da Câmara da Indústria da Construção da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo pela Trevisan Consultores criou o neologismo "construbusiness". O Plano Estratégico da ANTAC para ciência, tecnologia e inovação fala em "macrocomplexo" (ANTAC, 2002[68]). O documento preparado pelo Fórum de Competitividade do Ministério da Ciência e Tecnologia fala, simplesmente, em "indústria" (MCT, 2000[69]).

A busca pelo aumento da produtividade e da qualidade dos produtos produzidos pela construção civil passou a ser uma questão forte e recorrentemente debatida a partir da década de 1980, sendo a tecnologia uma de suas pautas. Pesquisadores como Bruna (2002), Martucci (1990) e Sabbatini (1989) defenderam que o aumento da eficiência do setor da construção seria possível pela introdução de elementos pré-fabricados no canteiro de obras, e pelo exercício do maior controle sobre o trabalhador (simplificação de suas atividades e planejamento da produção, detalhado e decidido fora do canteiro de obras). Novas tecnologias construtivas deveriam, assim, contribuir para o aumento da produtividade (produzir mais em menos tempo, racionalizando materiais e mão de obra) e para a redução dos desperdícios de materiais e dos custos através da instituição de padronização de produtos e de processos.

É importante lembrar que os canteiros habitacionais analisados pelos autores (1970 – 1990) eram receptáculos de enormes contingentes de mão de obra que se deslocavam para a cidade, geralmente provindos do campo. E que os processos construtivos eram bastante artesanais realizados inteiramente em canteiro, o que, em conjunto com baixa qualificação da mão de obra para este trabalho, a falta de organização e de planejamento da produção, contribuía para processos lentos, com alto grau de desperdício de materiais, baixa qualidade construtiva e o alto custo do produto - sem contar a situação de precarização do trabalhador, seja em termos de renda ou de segurança do trabalho. Desorganização, desarticulação entre o desenvolvimento do projeto, planejamento e execução da obra e desinteresse pela correta qualificação do trabalhador eram características centrais. E apesar deste cenário de precariedades, este modo de produzir foi frequentemente incentivado, como explicado por Ferro (2006), Oliveira (2003) e Farah (1996), como parte do modelo de desenvolvimento econômico do país.

---

[67] Referência: ANTAC. **Plano Estratégico para Ciência, Tecnologia e Inovação na área de Tecnologia do Ambiente Construído com ênfase na Construção Habitacional**. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <www.antac.org.br/institucional/Inst_documentos>.

[68] Referência: CBIC. **Macrossetor da Construção**. Brasília, 2001. (Conjunto de transparências).

[69] Referência: MCT. **Fórum de Competitividade**. Recomendações para a competitividade: Plano de Metas e Ações. Brasília, 2000.

Uma reformulação mais drástica do subsetor habitacional, no Brasil, foi realizada a partir de 2009 com o lançamento do programa habitacional Minha Casa Minha Vida (PMCMV). A principal alteração trazida para a organização de sua cadeia produtiva foi a alta demanda habitacional divulgada e a certeza de retornos financeiros para as construtoras. Com o PMCMV o Governo Federal, através de fundo público, foi capaz de fomentar a demanda contínua por novas casas e ao mesmo tempo garantir sua quitação através de subsídios[70] oferecidos aos usuários, principalmente para a população de mais baixa renda. A parceria com o Governo Federal deu o suporte necessário para que as construtoras envolvidas buscassem novas soluções construtivas, investindo em alterações[71] de processos, já que seria possível reduzir os custos pela sua diluição na escala sem o risco de inadimplência. Além do investimento das empresas em capital fixo, houve um enorme movimento de financeirização das mesmas, colocando o lucro e a produtividade como seus compromissos centrais.

O trabalho de Lucia Shimbo (2010) descreve que, desde a década de 1990, o processo de capitalização foi se consolidando entre as empresas construtoras. Para que elas garantissem lucro aos investidores, mais do que investir em processos produtivos, foi necessário repensar sua própria estruturação. No que diz respeito ao canteiro de obras, seguiu-se pelo caminho da escala industrial da produção habitacional aplicando como estratégia a padronização do produto (desenho, tipologia, forma, materiais a serem aplicados) e a padronização do processo produtivo (especificações técnicas extremamente detalhadas em projetos e cadernos de obras).

Não menos importante, cabe destacar, foi o desenvolvimento de um sistema *online* de controle (do trabalho, dos materiais, dos tempos, dos custos) em canteiro por meio da figura do engenheiro e do mestre de obras e do almoxarife. O arranjo entre padronização do processo produtivo (trabalho) e do produto (projeto) seguido de estratégias rígidas de gerenciamento permitiu o controle sobre a qualidade construtiva e o tempo de execução das edificações com o máximo uso da mão de obra disponível. O trabalho de Shimbo (2010) mostra como a reorganização produtiva da empresa estudada em sua tese otimizou o processo de produção de um sistema construtivo considerado tradicional – a alvenaria estrutural – mediante expedientes que alteraram a produção sem modificar a sua base produtiva. O objetivo foi alcançado: aumento da produção (em escala) com redução de custos e de prazos, aumento da velocidade de retorno do capital e aumento dos lucros.

José Baravelli (2014) defendeu a tese de que a estrutura do PMCMV permitiu instituir uma produção de

---

[70] Houve, em benefício das construtoras, uma articulação entre as condições de produção e de consumo, sendo o Estado o garantidor do consumo ao comprar toda a produção realizada pelas construtoras, através da Caixa Econômica Federal, arcando com qualquer possibilidade de inadimplência do mutuário final.

[71] Harvey (2016) explica que, para que haja aumento da produtividade geral de um setor é necessário que existam inovações em toda a sua cadeia produtiva, o que exige a reorganização da atividade econômica, em geral, sob uma base tecnológica diferenciada. Processos como este, no entanto, demandam tempo, investimentos, e a certeza da manutenção da demanda.

caráter industrial para a construção civil. Para o autor, a dimensão da tecnologia aconteceu de uma maneira especial, não apoiada nas ferramentas de produção em si, nos meios de produção, como o fez a grande indústria clássica, mas pelo modo como o setor conseguiu se rearranjar de forma a ampliar a produtividade e reduzir os seus custos através da organização dos trabalhadores em canteiro de obras, o que chamou de *tecnologia organizacional dos processos produtivos*[72]. Este rearranjo do setor foi apoiado, principalmente, por normas de gestão de qualidade.

Estas alterações, mais do que conferir qualidade final, conformidade e padronização ao produto habitação representou um sistema eficiente de controle da produção e de seus custos (BARAVELLI, 2014). De acordo com os dados levantados por Shimbo (2010), tendo como estudo de caso de um empreendimento padrão do PMCMV em alvenaria estrutural de blocos de concreto, atuar nas especificações do trabalho e no controle do consumo dos materiais foi fundamental para garantir a viabilidade do negócio, já que 49% do custo do imóvel produzido era referente a eles.

A gestão de qualidade, no canteiro de obras, é realizada através do estabelecimento de procedimentos padrões para cada etapa construtiva, a qual inclui os tipos e quantidades de materiais a serem utilizados, o modo de empregar estes materiais, a produtividade diária de cada serviço (baseada em RUP Razão Unitária de Produção – produtividade potencial), ou o tempo de execução de cada etapa e a equipe de trabalhadores necessária. Estes procedimentos são detalhados em projeto executivo e manuais de construção em conjunto com planilhas de custo e cronogramas de obras. E, para que aconteça demanda uma rígida organização dos trabalhadores, desde a alta gerência da empresa, até o servente subempreitado no canteiro de obras, com mudanças profundas no papel do arquiteto.

Este processo de reestruturação das empresas e de reorganização do trabalho foi acompanhado da busca por inovações construtivas, de materiais e sistemas construtivos. Em texto oficial, afirma-se que o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) foi elaborado com o objetivo de evitar a ausência de qualidade construtiva em empreendimentos habitacionais e ao mesmo tempo estimular a inovação tecnológica neste campo, mais precisamente para "apoiar o esforço brasileiro de modernidade e promover a qualidade e produtividade do setor da construção habitacional, com vistas a aumentar a competitividade de bens e serviços por ele produzidos" (BRASIL, 1998). Foi inicialmente planejado para atuar no subsetor "habitação de interesse social", tendo o seu escopo ampliado para o

[72] "Industrializar o processo produtivo ao invés do produto significa normatizar tecnicamente a qualidade do processo produtivo ao invés do produto. Este é o "novo território" em que a normatização técnica avançou através do sistema de gestão da qualidade e é também "a solução que o mercado adotou" para conferir um padrão para a variabilidade dos empreendimentos habitacionais" (BARAVELLI, 2014, p. 135). É importante pontuar que esta proposição não é isenta de problematizações e de discussões principalmente sobre o que seria considerado o "caráter industrial da construção civil", já que propõe romper com a imagem clássica do que seria uma indústria.

saneamento e a infraestrutura[73], a partir do entendimento de que estes são aspectos fundamentais para a garantia da moradia digna, como já havia sido sinalizado pelo Comentário Geral nº 4 do Comitê de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais da Organização das Nações Unidas (ONU) desde 1991[74] (ROLNIK *et al*., 2015).

O programa foi criado em 1998 pela portaria 34 do então Ministério do Planejamento e Orçamento. Passou a compor a Secretaria Nacional de Habitação, do Ministério das Cidades, sendo formalmente inserido como um dos programas do Plano Plurianual a partir do ano 2000. Com a extinção do Ministério das Cidades em 2019 passou a compor o Ministério do Desenvolvimento Regional. Hoje, o objetivo geral do PBQP-H é o de "elevar os patamares da qualidade e produtividade da construção civil, por meio da criação e implantação de mecanismos de modernização tecnológica e gerencial, contribuindo para ampliar o acesso à moradia, em especial para a população de menor renda" (BRASIL, 2003, destaque nosso). Entre outros objetivos o programa estabelece:

> I - fomentar o desenvolvimento e a implementação de instrumentos e mecanismos de garantia de qualidade de projetos, obras, materiais, componentes e sistemas construtivos;
> II - estruturar e animar a criação de programas específicos visando à formação e a requalificação de mão-de-obra em todos os níveis;
> III - promover o aperfeiçoamento da estrutura de elaboração e difusão de normas técnicas, códigos de práticas e códigos de edificações;
> IV - coletar e disponibilizar informações do setor e do PBQP-H;
> V - estimular o inter-relacionamento entre agentes do setor;
> VI - apoiar a introdução de inovações tecnológicas;
> VII - promover a articulação internacional;
> VIII - universalizar o acesso à moradia, ampliando o estoque de moradias e melhorando as existentes (BRASIL, 1998, destaque nosso).

Como se pode perceber, o programa traz a preocupação com a qualidade do que será produzido e, por isso, estabelece mecanismos para o controle do material e do sistema construtivo, mais especificamente, da tecnologia a ser desenvolvida, em conformidade com a norma NBR 15575:2013 - Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013). A fim de assegurar o cumprimento desta norma e facilitar a introdução de sistemas inovadores na construção civil foi criado, em 2007, o Sistema Nacional de Aprovações Técnicas (SiNAT), responsável pela avaliação técnica de produtos inovadores da construção.

De acordo com Amancio *et al*. (2015, p. 5), um produto inovador, ou uma inovação tecnológica é "[...] um produto que ainda não possui normas técnicas que especifiquem suas características ou que definam procedimentos de projeto e execução", valendo para materiais de construção, componentes, elementos,

---

[73] Moradia, saneamento e infraestrutura compõe o chamado habitat.

[74] De acordo com Rolnik (ROLNIK *et al*, p. 392, 2015) o Comitê estabelece que o direito à habitação não pode ser interpretado de forma restrita, "[...] como um abrigo composto apenas por um teto e quatro paredes. O documento define, então, sete elementos considerados essenciais para sua real efetivação: habitabilidade; disponibilidade de serviços, infraestrutura e equipamentos públicos; localização adequada; adequação cultural; acessibilidade; segurança da posse; e custo acessível".

sistemas e processos construtivos. Também se considera como processo construtivo inovador aqueles que trazem alterações em processos construtivos convencionais[75].

O SiNAT, neste sentido, é fundamental para garantir o desempenho adequado das inovações tecnológicas da construção civil e auxiliar no processo de aceitação, ou quebra de resistência relacionada a inovações, por parte do público em geral (AMANCIO *et al*., 2015). É importante lembrar que todo o material ou sistema construtivo utilizado para a produção de habitação social, financiado em parte ou em sua totalidade com recursos públicos, deve ser normatizado.

Para que inovações tecnológicas sejam aplicadas, desta forma, é necessário que elas tenham a concessão de um Documento de Avaliação Técnica (DATec) aprovado por uma Instituição Técnica Avaliadora (ITA) previamente cadastrada no SiNAT, e com base na Diretriz SiNAT[76]. Esta diretriz estabelece requisitos, critérios mínimos de desempenho e métodos de avaliação para famílias de produtos, principalmente no que se refere ao desempenho estrutural, à estanqueidade à água, à segurança ao fogo, ao desempenho térmico e acústico e à durabilidade. Não substitui normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as quais devem ser desenvolvidas para cada novo produto ou sistema.

A despeito de todo o esforço empreendido pelo SiNAT, algumas análises têm demonstrado a sua insuficiência. Isso porque os novos sistemas construtivos homologados primaram pelo aumento da produtividade na construção civil, redução dos custos, dos tempos de execução e dos desperdícios, em detrimento da universalização do acesso à moradia, da qualidade construtiva, ou da capacitação técnica do trabalhador, objetivos estabelecidos pelo próprio PBQP-H (SANCHEZ; FABRICIO; BUZZAR, 2015). Houve, de fato, o aumento do estoque habitacional promovido pelo PMCMV, principalmente de novas unidades[77], mas o que resultou disso em termos direito à moradia e à melhora efetiva da qualidade de vida é bastante questionável, conforme demonstram os trabalhos de Rolnik *et al.* (2015), Pequeno e

---

[75] De acordo com o SiNAT (BRASIL, 1998) o "[...] SiNAT-Inovadores compreende, ainda, processos construtivos inovadores ou que, de alguma forma, se constituem inovações em relação ao processo convencional da construção civil no Brasil".

[76] Para que novos produtos da construção sejam aprovados eles devem apresentar uma DATec com o seguinte conteúdo: introdução; caracterização do produto; requisitos e critérios de desempenho; métodos de avaliação; análise global do desempenho do produto; controle da qualidade na fabricação, montagem e instalação (AMANCIO *et al*, 2015, p. 09). Entre as principais críticas a este modelo estabelecido estão a ausência de critérios e condições de manutenção da tecnologia desenvolvida, assim como o esclarecimento de responsabilidade de suporte em caso de problemas, avarias, necessidade de reformas ou adaptações pelos usuários (SANCHEZ; FABRICIO; BUZZAR, 2015).

[77] Um levantamento geral do déficit habitacional do Brasil realizado pela Fundação João Pinheiro em 2007 mostrava que o mesmo representava a necessidade de 6.272.645 unidades, mas que havia um estoque de unidades vazias de 6 milhões de domicílios. Nas palavras de Nascimento e Tostes (2011), "A noção de déficit habitacional como número a ser quantitativamente superado cai por terra na medida em que há no país um estoque de seis milhões de domicílios vagos. Essa estatística revela não só a má distribuição das moradias, em razão da atuação dos agentes do mercado privado, mas também o baixo poder aquisitivo dos pobres no acesso ao estoque habitacional adequado". Para além disso, o programa também fomentou a construção de novas unidades em locais onde a demanda não era a mais crítica, como nos mostra o trabalho de Lopes e Shimbo (2015).

Rosa (2015), Rolnik e Nakano (2009) e Shimbo (2020). Sem contar os altos custos implicados na certificação de empresas e sistemas construtivos ditos inovadores, o que tornou muitos deles impossíveis de serem implementados favorecendo, mais uma vez, empresas com grande volume de capital para investimento.

Antes de discutir alguns aspectos tecnológicos desta produção, é importante reforçar que a moradia é tida como um "produto" especial e complexo[78]. Além de se configurar enquanto abrigo, local da recomposição da força de trabalho, também é defendida enquanto um item de segurança para o morador mais pobre diante da instabilidade econômica[79] – ou a incerteza quanto ao emprego ou trabalho remunerado. E, de certa forma, enquanto uma poupança, um produto adquirido que pode gerar valor de troca, este último aumentado através de investimentos em sua melhoria (HARVEY, 2016).

Além disso, a moradia popular deve ser entendida enquanto espaço de múltiplos usos e conformações (ampliação da família, acolhimento de parentes, espaço compartilhado de trabalho para geração de renda (cabeleireiros, revendedores de produtos, cozinheiros)) e, portanto, sujeita a alterações e adaptações, principalmente quando ela é construída com dimensões mínimas. Neste sentido, diferente de um celular ou de um televisor, produtos acabados, a tecnologia aplicada à habitação popular necessita ser aberta, considerando as possibilidades de apropriações, principalmente para moradores que não terão capacidade econômica de contratar serviços especializados, e farão reformas improvisadas[80].

Com base nestas discussões, quais são os resultados da aplicação da tecnologia construtiva aliada à inovação na construção da habitação social quando ela é apoiada, preponderantemente, na redução dos custos para a máxima produtividade? Vejamos algumas ponderações.

a) Relação entre tecnologia construtiva e produção em escala:

Uma das especificidades da moradia é o seu caráter de produto a ser construído em seu local de consumo (SHIMBO, 2010[81]). Desta forma, se uma tecnologia construtiva é desenvolvida visando a redução dos custos pela produção em escala, o seu emprego estará condicionado a um local amplo, passível de máxima concentração de maquinários, materiais e de trabalhadores. Para tanto, serão

[78] Não discutiremos aqui sobre a relação da habitação com a propriedade da terra.

[79] Esta posição é rebatida por diversos pesquisadores, a partir do ponto de vista de que a transformação da habitação social em mercadoria estabelece que o seu valor de troca é mais importante que o seu valor de uso, o que contribui para a péssima qualidade dos conjuntos habitacionais. Programas financiados pelo governo deveriam, assim, priorizar o valor de uso, o que não necessariamente quer dizer posse ou propriedade do imóvel pelo morador. Neste sentido, outras possibilidades poderiam ser exploradas para além da construção de novas unidades habitacionais, como a requalificação de edifícios abandonados.

[80] Ou pensamos em tecnologias de fácil apropriação acompanhadas de capacitação de mão de obra, ou fortalecemos as políticas de assessoria técnica social a fim de garantir assistência técnica de qualidade a quem não tem condições de arcar com este tipo de serviço.

[81] Esta definição está contida na tese de Lúcia Shimbo (2011), mas é uma contribuição do professor Paulo César Xavier Pereira realizada durante a sua explanação na banca de qualificação da pesquisadora.

escolhidos terrenos grandes e baratos, geralmente localizados às margens da cidade, em zonas de expansão onde serviços e infraestruturas são, em sua grande maioria, escassos. E estes terrenos serão repartidos para abrigar o máximo de unidades possíveis permitidas pela legislação urbana, em geral, iguais. A repetição das unidades também irá contribuir para o aumento da produtividade geral decorrente do "efeito aprendizagem".

Este arranjo, que permite a otimização de todos os recursos pertencentes às empresas construtoras, tem outras implicações importantes: a) exige, do poder público, investimentos para garantir a urbanidade destes locais, principalmente a conexão com as redes de água e esgoto existentes, linhas de ônibus, ruas de acesso, provisão de serviços institucionais (escolas, creches, postos de saúde), quando a rede de serviços já existentes poderia ser melhor utilizada; b) promove a valorização dos terrenos circundantes, os quais, agora providos de ligação com a rede de infraestrutura urbana, poderão ser vendidos a um valor bem mais elevado sem nenhum investimento por parte do vendedor; c) promove o deslocamento da população mais pobre para áreas longínquas, muitas vezes distantes de seu local de sociabilidade, dos equipamentos sociais utilizados, assim como dos serviços e do emprego; d) promove a expansão, nem sempre necessária, da malha urbana (RUFINO *et al*, 2015).

A qualidade urbana resultante, caracterizada pela repetição, pobreza formal e espacial sugere que pessoas e famílias diferentes compartilham das mesmas necessidades espaciais. Tão logo as unidades são ocupadas, é iniciado um processo de adaptação pelas famílias com novas construções e reformas realizadas, em sua grande maioria, sem assistência técnica adequada. Entre os principais problemas decorrentes deste processo pode-se destacar a não preocupação com questões de conforto ambiental, como a correta insolação, ventilação e sombreamento das edificações, e as frequentes queixas desconforto associadas à unidade. Além disso, há a transformação do módulo residencial em um módulo propagador de doenças, muitas delas devido à fungos e mofos decorrentes de falta de ventilação e insolação, mas também de infiltrações resultantes de procedimentos inadequados de construção.

A ausência de diversidade tipológica e de espaço construído, determinadas pelo custo, reforça a concentração de população em situações econômico-financeiras semelhantes. Ou seja, contribui para que não haja diversidade sociocultural, fortalecendo processos de segregação espacial, gentrificação e formação de bolsões de pobreza. Diversos trabalhos apontam ser este um dos aspectos que facilitam a transformação destes espaços em locais de violência e tráfico de drogas, como os de Maricato (2003 e 2009).

Neste caso, a tecnologia teve seu sentido reduzido ao mero aspecto custo – produtividade a favor da lucratividade dos empreendedores, sem se preocupar, de fato, com a população a ser atendida, ou a qualidade urbana gerada.

b) Relação entre tecnologia construtiva e a falta de capacitação de mão de obra:

Quando uma tecnologia construtiva é concebida visando à mínima capacitação do trabalhador também não são formadas pessoas capacitadas para processos posteriores à entrega do empreendimento, seja para adaptações, reformas ou ampliações. Isso se torna ainda mais preocupante ao se aplicar inovações, principalmente aquelas que se utilizam de materiais e sistemas que não fazem parte da cultura construtiva popular. A falta de mão de obra capacitada somada a também ausência de assistência técnica oferecida por empresas construtoras a um custo acessível contribui para a realização de soluções improvisadas, as quais podem prejudicar a durabilidade e o desempenho da edificação.

Na mesma linha anterior, aqui, a tecnologia é desenhada visando o máximo controle sobre o trabalho, principalmente sobre o conhecimento que se aplica na execução das diferentes etapas construtivas. E, quando parte deste princípio, à despeito do que propõe o PBQP-H, não colabora para a formação e maior qualificação da mão de obra, pelo contrário, preza pela aplicação do trabalho simplificado, meramente coordenado por sistemas de gestão.

c) Relação entre tecnologia construtiva e instrumentos de produção:

Um exemplo bastante interessante de tecnologia construtiva inovadora baseada em instrumentos de produção são as paredes de concreto moldadas *in loco*. O princípio geral deste sistema é a elevação de paredes autoportantes (vedação e estrutura) com o uso de fôrmas metálicas, de PVC ou de madeira, preenchidas com concreto autoadensável e malha de aço, geralmente com o embutimento das instalações elétricas[82]. No que diz respeito à sua produção, ela é altamente racionalizada e rápida, faz uso de mão de obra apenas coordenada[83] e segue instruções técnicas altamente detalhadas em cadernos de produção.

Entre as opções de fôrmas, a metálica é a que melhor se adequa, devido a sua maior durabilidade e, portanto, maior número de reutilizações sem a sua perda ou descarte. No entanto, trata-se de um instrumento extremamente caro[84], fabricado sob medida. Para que o uso da fôrma seja economicamente

---

[82] A norma define o sistema como: "elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede" (ABNT, 2012, pág. 3). Desta maneira permite que a espessura mínima de paredes com altura de até 3m seja de apenas 10cm, espessura aprovada como mínima em termos de resistência mecânica e condições de conforto ambiental.

[83] Em uma obra acompanhada por esta pesquisa, em 08 novembro de 2017 na região de São Carlos, com o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, foram elevadas todas as paredes de três casas de 44m² com uma equipe de oito trabalhadores em apenas um dia. A estimativa da empresa é que cada casa, em sua totalidade (da fundação ao acabamento), seja construída em sete dias corridos, ou 56 horas de trabalho, desconsiderando os tempos de cura do concreto necessários antes da realização de cada nova etapa.

[84] Numa entrevista concedida pelo engenheiro civil responsável pelo empreendimento já citado, foi relatado que o custo do conjunto de fôrmas metálicas feitas sob medida para a construção de uma unidade habitacional de 44m² custa R$ 255.000,00 (valor de 2017). A viabilidade do uso do sistema é decorrente, diretamente, do número de reutilizações destas fôrmas – mínimo mil vezes.

viável é indispensável sua máxima utilização, o que determina a repetição das unidades habitacionais, sem a aplicação de quase nenhuma variabilidade.

Neste caso, como realizar processos de reformas e ampliações com o uso do mesmo sistema construtivo, se os instrumentos de trabalho não são universalmente acessíveis e difundidos, assim como o conhecimento necessário à sua aplicação? Além disso, processos de reforma e adaptações são particulares, demandando fôrmas específicas para cada alteração, o que seria economicamente inviável, sem contar a demanda por assessoria técnica capacitada.

Este aspecto discutido sobre o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local demonstra como a tecnologia claramente contribui para a concentração das ferramentas de trabalho e do conhecimento aplicado a elas na figura do dono dos meios de produção, não na do trabalhador efetivamente responsável pela materialização da construção. E isso tem implicações sobre a situação do trabalhador e nas possibilidades de reforma ou ampliação a ser realizada na unidade construída pelo morador.

d) Relação entre tecnologia construtiva e manutenção

Uma das críticas apresentadas aos sistemas construtivos inovadores trata da questão da manutenção, que não está incluída entre as obrigações estabelecidas pelas diretrizes SiNAT. Ao desenvolver uma tecnologia que não leva este aspecto em questão, principalmente no que se refere aos custos, todos os ônus são transferidos ao usuário. E, se estamos falando do morador mais pobre, isso se configura enquanto um grave problema, pois ele corre o risco de perda de garantia do imóvel ao não cumprir os requisitos indicados no Manual do Proprietário (Manual de Operação, Uso e Manutenção), como demonstra a pesquisa empreendida por Shimbo e Martins (2015), a partir da análise de um empreendimento de paredes de concreto moldadas *in loco.*

De acordo com Sanchez, Fabricio e Buzzar (2015) a manutenibilidade e melhoria de desempenho das edificações durante a sua etapa de uso deve ser um requisito considerado no desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores. Nas palavras dos autores:

> A manutenibilidade deve ser considerada no processo de homologação de sistemas construtivos inovadores na construção, entre outros fatores: a facilidade de manutenção; viabilidade física e financeira de execução de serviços de manutenção; disponibilização de serviços de assistência técnica e capacitação de mão de obra regional para operar esses sistemas novos e flexibilização dos sistemas para que permitam reformas, reparos e ampliações, permitindo interfaces entre sistemas inovadores e convencionais (materiais, equipamentos e mão de obra) (SANCHES; FABRICIO; BUZZAR; 2015, p. 85).

A não previsão de reforma reflete, mais uma vez, a perpetuação da redução dos custos de produção a favor dos ganhos da empresa construtora em detrimento dos direitos dos moradores.

e) Relação tecnologia construtiva e especificações técnicas mínimas

Para o desenvolvimento de tecnologias construtivas a serem aplicadas em habitação de interesse social prevalece o atendimento a especificações técnicas no âmbito do mínimo, o que vai desde a área dos cômodos (mobiliário mínimo e espaços de circulação), à qualidade dos materiais e componentes empregados, quanto ao desempenho geral do sistema concebido (LOPES; SHIMBO, 2015). Entre as principais reclamações reportadas nas pesquisas consultadas[85] estão problemas com conforto térmico (faz muito frio no inverno e muito calor no verão); excesso de ruídos internos e externos, decorrentes de dimensionamento insuficiente no que diz respeito ao conforto acústico; estanqueidade precária e umidade em excesso. Sem mencionar os problemas estruturais e de qualidade dos materiais empregados reportados diariamente pelos jornais e noticiários, facilmente visualizados em uma simples busca na internet. Cabe, mais uma vez, reforçar que se trata de habitação destinada a um público extremamente pobre, para o qual deveriam ser destinados produtos de maior durabilidade possível, pois os mesmos possuem menos recursos para lidar com manutenções e trocas.

...

Por fim, a discussão colocada até aqui, usando como exemplos gerais aspectos do PMCMV e do PBQP-H foi no sentido de apontar quais são os resultados da tecnologia dentro do pressuposto de redução de custo do produto e máxima produtividade, e ressaltar, mais uma vez, que a tecnologia está para além dos seus aspectos técnicos, tendo muitos efeitos que transcendem a aplicação pura do conhecimento – como a organização da cidade, a habitabilidade e a condição do trabalhador.

Além disso, rebatendo colocações históricas, o desenvolvimento de novas tecnologias construtivas apoiadas apenas na redução dos custos de produção não garante acesso à habitação de qualidade, nem tão pouco ao habitat. O arranjo de sistemas construtivos inovadores por meio do emprego de mão de obra sem a devida qualificação, em conjunto com a ausência de assistência técnica das empresas construtoras, leva a soluções que podem comprometer a qualidade da edificação oferecida em programas sociais, e a própria permanência do morador no local.

Destaca-se, assim, a necessidade de se discutir a tecnologia, mais precisamente a tecnologia construtiva, de maneira sistêmica, não isolada. Mais do que a solução construtiva em si, é fundamental prever os demais efeitos que decorrem de sua aplicação para além da dimensão econômica, mas em termos de sociedade, cidade, meio ambiente, oportunidades, justiça social. E mais, incluir outros objetivos que não apenas a produtividade no projeto de novas tecnologias, objetivos estes que devem ser apoiados pela sociedade e pelo Estado.

---

[85] Entre os trabalhos consultados estão: Lopes e Shimbo (2015); Sacht (2008); Silva *et al.* (2010); Shimbo e Martins (2015), Figueiredo (2018).

1.7. Tecnologia e tecnologia construtiva: algumas conclusões

O texto apresentado nos subcapítulos anteriores teve como objetivo revelar o significado da tecnologia e esclarecer que ela vem sendo desenvolvida e explorada baseada no "economicamente viável", enquanto um mecanismo de multiplicação do capital. Questões como o meio ambiente e o bem-estar social se submetem ao imperativo econômico sendo consideradas apenas quando conveniente. E mais, existe todo um aparato influenciando a nossa percepção de mundo e nos fazendo acreditar que os caminhos ditados pela tecnologia são os melhores.

Toda a tecnologia surge para atender a uma necessidade humana - através da "programação" dos fenômenos da natureza a favor do homem, apoiada na ciência, como já vimos. No atual momento histórico, verifica-se a necessidade urgente de repensar os objetivos da tecnologia tendo em vista a redução do aquecimento global, principalmente priorizar escolhas que permitam deixar de produzir, diminuir o ritmo do consumo, das matérias primas utilizadas, da energia e, consequentemente, reduzir a geração de resíduos, lixos e poluição, aspectos a serem discutidos no próximo capítulo quando tratarmos da crítica ao desenvolvimento sustentável.

O ponto é que decisões a favor da sobrevivência humana através da redução da produção, ou da alteração do sistema produtivo, são contrárias ao sistema dominante e, para que se tornem uma realidade, demandam ação política, reivindicações coletivas a favor de novos modos de fazer a ser operada nas instâncias representativas existentes e naquelas a serem criadas.

Ainda que não explorada neste trabalho de maneira quantitativa, já podemos perceber que a construção civil contribui com um expressivo impacto principalmente no que se refere à emissão de GEE. E se ela se faz impactante, ainda assim é imprescindível para o bem-estar social. A habitação é uma necessidade humana, assim como um habitat de qualidade. Portanto, o desenvolvimento de novas tecnologias construtivas, quando necessárias, carece incorporar as discussões relacionadas ao aquecimento global, sendo este um importante problema técnico a ser resolvido.

Novas tecnologias construtivas surgem todos os dias, muitas delas com a rotulagem "sustentável". Contudo, não podemos incorrer em um novo erro ao assumir este adjetivo sem antes analisá-lo. No geral, o que se percebe é que o produto final "edificação" está sendo cada vez mais classificado como sustentável, a despeito de todo o processo produtivo relacionado a sua construção. Para que existam alterações contundentes, devemos partir de uma visão sistêmica deste subsetor, entendendo como uma decisão afeta todas as demais partes – considerando, por isso, a tecnologia construtiva em sua totalidade, o que inclui o trabalho e os meios de produção.

CAPÍTULO 2: Sustentabilidade, Desenvolvimento Sustentável e Construção Civil

Como é possível que o homem produza algo de material uma vez que não pode produzir matéria nem energia?
(GEORGESCU-ROEGEN, 2012, p. 57)

O objetivo deste capítulo é compreender o percurso da discussão da sustentabilidade e analisar, de maneira problematizadora, os resultados alcançados tanto no campo da arquitetura e da construção civil (em uma escala específica), quanto em termos políticos e econômicos, nas discussões mundiais (em uma escala global). Partimos do pressuposto de que as discussões mundiais são determinantes para as ações colocadas em prática nas mais diversas áreas de produção e de conhecimento, o que torna indispensável debater e analisar sobre o desenvolvimento sustentável.

Ao buscar a compreensão sobre o desenvolvimento sustentável adentramos na área da economia e da política. Pode parecer estranho ao leitor desatento, que procura respostas isoladas para uma única área de conhecimento, mas é totalmente coerente se tomarmos como incontestável que a arquitetura e a construção compõem o universo da Economia Política – ou seja, a arquitetura e a construção reproduzem as relações sociais próprias da atividade econômica na produção, distribuição e consumo de todos os elementos de sua extensa cadeia cujo fim é a consolidação do ambiente construído[86]. Trata-se, assim, de compreender como projetamos (campo das decisões) e construímos (campo do trabalho) também como decorrência do modo de produção, discutido no capítulo anterior.

Ao propor esta abordagem ampliamos o campo de discussão da sustentabilidade, e isso interfere no entendimento das práticas correntes da arquitetura e construção classificadas como sustentáveis: propor, isoladamente, sistemas de controle de consumo de energia e água em edificações as tornam ambientalmente sustentáveis? Garantir assistência social ao trabalhador torna o processo construtivo socialmente sustentável? Aumentar a escala de produção para a redução dos custos do produto final é uma decisão economicamente sustentável?

Buscando avançar neste debate, partimos do mapeamento das abordagens bibliográficas mais aceitas e praticadas passando, em seguida, para as críticas realizadas a elas na tentativa de entender suas

[86] Este entendimento é construído a partir da definição de Netto e Braz (2006, p. 27) sobre o objeto da Economia Política, qual seja: "[...] as relações sociais próprias às atividades econômicas, que é o processo que envolve a produção e a distribuição de bens que satisfazem as necessidades individuais ou coletivas dos membros de uma sociedade".

insuficiências, limitações e contradições. O resultado deste processo de revisão bibliográfica propõe vislumbrar alternativas outras, principalmente aquelas ancoradas numa visão ampliada da construção e da arquitetura.

2.1. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: ponto de partida

A arquitetura e a construção civil são os setores produtivos responsáveis pela materialização do ambiente construído, imprescindíveis para a qualidade de vida humana e para a realização de suas potencialidades enquanto espécie – como já discutido anteriormente. E isso acontece através da mobilização da natureza para a obtenção de conhecimentos e de matérias primas. Podemos dizer que a obra da arquitetura é uma natureza reinventada a favor do homem, através do seu trabalho, mas totalmente dependente do meio que o circunda. Neste sentido, para a existência humana tal como conhecida, a natureza se faz fundamental e limitadora, e é por isso mesmo que o grande volume de discussões sobre a sustentabilidade encontra aqui o seu primeiro argumento.

Aqui, cabe transcrevermos as palavras de Netto e Braz (2006, p. 35) por sua clareza, para entendermos esta dependência:

> A sociedade não pode existir sem a natureza – afinal, é a natureza, transformada pelo trabalho, que propicia as condições de manutenção da vida dos membros da sociedade. Toda e qualquer sociedade humana tem sua existência hipotecada à existência da natureza – o que varia historicamente é a mobilidade da relação da sociedade com a natureza: variam, ao longo da história, os tipos de transformação que, através do trabalho a sociedade opera nos meios naturais para deles se servir, bem como os meios empregados na transformação. Vale dizer: modificam-se, ao longo da história da humanidade, as formas de produção material da vida social e, por conseguinte, as condições materiais de existência nas quais vivem os homens. Mas é invariável o fato de que a reprodução da sociedade depende da existência da natureza (a natureza, porém, pode existir e subsistir sem a sociedade).

A sustentabilidade ganhou relevância entre as décadas de 1950 e 1960, resultado da crise ambiental global suscitada por acontecimentos importantes: a explosão de bombas nucleares e a poluição nuclear; o crescimento de zonas industriais e a chuva ácida; o crescente uso de pesticidas e inseticidas químicos[87] e os primeiros relatos de envenenamento e intoxicação; a chegada do homem à lua e o entendimento da pequenez humana; etc. Ficou claro que os resultados do produto tecnológico, principalmente os negativos, não estavam mais concentrados em um único território e os danos causados pelos mesmos eram compartilhados e extrapolavam o tempo de uma geração. A poluição e o envenenamento se

[87] Ver Rachel Carson (2010), Primavera Silenciosa, de 1962. Seu livro foi uma denúncia sobre o uso de pesticidas, em especial o DDT (diclorodifeniltricloroetano), produto concebido para o aumento da produção de alimentos – o aumento da população e a escassez de alimentos era uma questão importante naquele momento – mas que foi empregado sem que seus efeitos e consequências fossem conhecidos a longo prazo. As preocupações se centravam nos impactos ambientais e também na segurança da população, as quais se mostraram verdadeiras.

espalhavam por meio do vento e da chuva, evidenciando que estávamos todos em uma "única nave" (BOULDING, 1966; NASCIMENTO, 2012).

A crise do petróleo do início da década de 1970, ocasionada pelo embargo da produção pelos países árabes, alertou sobre a disponibilidade dos recursos ambientais e a dependência imposta para o crescimento econômico dos diferentes países ou, na escala da edificação, para a manutenção das condições básicas de habitabilidade. Pode-se dizer, assim, que as primeiras discussões a favor do meio ambiente tiveram sua origem na economia e na preocupação com a disponibilidade de recursos - em qualidade, sem contaminações, e em quantidade.

A partir do final da década de 1960, foram formadas diversas comissões e promoveu-se diferentes eventos internacionais, cada qual com as suas especificidades e questões centrais, dentre os quais destacamos a Conferência de Estocolmo (1972), Convenção de Genebra sobre a Poluição do Ar (1979), Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio (1985), a Rio 92 ou Cúpula da Terra (1992), Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável - Habitat II (1996), Conferência de Kyoto sobre o aquecimento global (1997), Conferência de Haia sobre mudanças climáticas (2000), Cúpula de Joanesburgo sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio+10, 2002), Habitat III (2006), Conferência do Clima em Copenhagen (2009), Congresso de Cancún (2010), Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20, 2012), Cúpula de Desenvolvimento Sustentável (2015), entre tantos outros. Destes encontros resultaram diferentes documentos e acordos mundiais como "Os limites do Crescimento" (1972), "Apenas um Planeta" (1973), "Protocolo de Montreal" (1987), "Relatório de Brundtland" ou "Nosso futuro comum" (1987), "Protocolo de Kyoto" (1997), "Agenda 21" (1992), "Os objetivos do milênio" (2000), "Acordo de Paris" (2015), "Carta da Terra" (2000), "O futuro que queremos" (2012), "Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável" (2015). São documentos importantes que deram vazão às preocupações do momento, buscando compreender e propor soluções para os acontecimentos em seguimento.

Em *Os limites do Crescimento*[88] (MEADOWS, 1972) e *Apenas um Planeta* (WARD; DUBBOS, 1973) predominaram preocupações como: a resiliência do planeta Terra; o aumento da população e a carência de alimentos; o esgotamento dos recursos ambientais e a perda de comodidades; e a geração e acúmulo

[88] Neste documento, encomendado a especialistas pelo Clube de Roma, apresenta uma simulação matemática sobre os limites da Terra, ou a sua capacidade de suporte, por meio de cinco parâmetros que se apresentavam como críticos e determinantes naquele momento: 1) a população em crescimento; 2) a capacidade de produção industrial, 3) a capacidade de produção agrícola; 4) a poluição resultante das atividades humanas; e 5) o consumismo. Estes cinco parâmetros foram analisados em conjunto pois atuam reciprocamente entre si. Foi um documento bastante criticado, colocado por muitos enquanto precipitado e insuficiente. Castro (1973), em uma fala bastante ponderada, aponta que o modelo deixou de lado um fator extremamente importante, que são as estruturas socioeconômicas e políticas, e que o relatório deveria apontar vários cenários para o futuro, não apenas um. Por sua vez, o próprio Clube de Roma se posicionou a favor de novos estudos e do aprofundamento da questão (MYRDAL, 1973; UNESCO, 1973).

de resíduos e de poluição. Estes documentos foram marcados pela dúvida sobre a capacidade de suporte do planeta, mas já apontavam ser esta uma questão importante que deveria ser mais bem pesquisada, pois seus possíveis impactos afetariam diretamente a economia e, portanto, a qualidade de vida das populações. Também deixavam claro que os recursos ambientais eram finitos, e que nunca estariam disponíveis em igualdade para todos.

A poluição e a depredação do meio ambiente foram justificadas por meio de um duplo entendimento (LAYRARGUES, 1997; SACHS, 1986):

1) como resultado do crescimento econômico das nações ricas, as quais se utilizavam de tecnologias agressivas baseadas em alto consumo de recursos e alta geração de resíduos, no consumismo e no rápido descarte – a poluição da riqueza;
2) e como decorrência da pobreza predominante nos países subdesenvolvidos, resultado da sua condição de fornecedores de matérias-primas, o que os levaria a explorar (ou a dispor para a exploração) seus recursos naturais sem a preocupação com a poluição e o desperdício, com a depredação do recurso e do meio ambiente, ou com a condição social gerada pela exploração (como a segurança do trabalhador e da vizinhança)[89] – seria a poluição da pobreza. A ausência da necessária infraestrutura de água e esgoto, a ocupação irregular de áreas ambientalmente frágeis (como Áreas de Proteção Permanente (APP), mangues, encostas e morros), a formação de favelas, o desmatamento de áreas protegidas seriam resultado não apenas da pobreza, mas da organização dos ditos países pobres onde predominou, e ainda predominam, ausência de políticas públicas, falta de ação do Estado na aplicação e monitoramento daquelas já existentes, corrupção, má gestão do dinheiro público e enorme desigualdade social.

Diante deste quadro, a solução encontrada na década de 1970 foi promover ações que controlassem o consumo dos países mais ricos; e ações para reduzir a natalidade e incentivar o crescimento econômico dos países mais pobres com o fim de acabar com a pobreza.

Em 1987 foi lançado o Relatório de Brundtland, *Our Common Future* (Nosso futuro comum), documento que se tornaria a principal referência sobre sustentabilidade. Elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) sob a coordenação da médica e cientista norueguesa Gro Harlem Brundtland, ele reforçou e difundiu outro importante conceito: o Desenvolvimento Sustentável. A necessidade pelo desenvolvimento foi colocada enquanto primordial para a melhoria geral da qualidade de vida da população, sob a ressalva de que, para tanto, deveria respeitar as possibilidades de as gerações futuras também terem a oportunidade de se desenvolverem. O desenvolvimento, no entanto,

[89] Aqui podemos ter em mente os casos de Mariana e Brumadinho em Minas Gerais, apenas citando casos muito atuais.

seria alcançado por meio de um crescimento econômico "melhor qualificado", ou seja, deveria contribuir para a redução da poluição e da degradação do meio ambiente, além de promover a justiça social e a redução da pobreza, equiparando, ao final, as condições de vida entre os diferentes países (CMMAD, 1991).

No entanto, já em 1972 havia a discussão de que as nações mais pobres nunca atingiriam o mesmo patamar de desenvolvimento dos países mais ricos, sendo o desenvolvimento equilibrado e homogêneo algo inexistente mesmo nas nações ricas[90] (CASTRO, 1973). A justificativa era, e ainda é, de que o planeta não possui recursos necessários para tanto, principalmente diante de um quadro de crescimento da população.

As diferenças sociais, por sua vez, foram analisadas enquanto fruto do próprio modelo de desenvolvimento, consequência do arranjo produtivo entre os diferentes países. A pobreza e a crise ambiental dos países subdesenvolvidos, ou em desenvolvimento, seriam, e ainda são, consequências diretas do crescimento econômico dos países desenvolvidos, os quais, para crescer, exploraram drasticamente os recursos dos países subdesenvolvidos desde o período das colônias. Nas palavras de Josué de Castro[91]:

> El subdesarrollo no es, como muchos piensan equivocadamente, insuficiencia o ausencia de desarrollo. El subdesarrollo es un producto o un subproducto del desarrollo, una derivación inevitable de la explotación económica, colonial o neocolonial, que sigue ejerciéndose sobre muy diversas regiones del planeta (CASTRO, 1973, p. 20).
>
> [...]
>
> El hecho de que se hable con insistencia de la contaminación y degradación provocadas por el crecimiento económico tan sólo desde hace unos pocos años a esta parte, se debe a que la civilización occidental, con su repertorio científico etnocéntrico, se ha negado siempre a aceptar esta evidencia: que el hambre y la miseria de algunas regiones distantes de ella forman parte del costo social de su propio progreso, un progreso que la humanidad entera paga para

---

[90] *"Igualmente falso es el concepto de desarrollo evaluado únicamente en función de la expansión de la riqueza material, del crecimiento económico. El desarrollo implica cambios sociales sucesivos y profundos que acompañan inevitablemente a las transformaciones tecnológicas del contorno natural. El concepto de desarrollo no es meramente cuantitativo, sino que comprende los aspectos cualitativos de los grupos humanos a que concierne. Crecer es una cosa; desarrollarse otra. Crecer es, en líneas generales, fácil. Desarrollarse equilibradamente, difícil. Tan difícil que ningún país del mundo lo ha logrado todavía. Desde esta perspectiva, todo el mundo sigue estando más o menos subdesarrollado" (p. 20).* Traduzindo livremente: "Igualmente falso é o conceito de desenvolvimento avaliado unicamente em função da expansão da riqueza material, do crescimento econômico. O desenvolvimento implica em alterações sociais sucessivas e profundas inevitavelmente acompanhadas por transformações tecnológicas do contorno natural. O conceito de desenvolvimento não é meramente quantitativo, mas compreende os aspectos qualitativos dos grupos humanos a que diz respeito. Crescer é uma coisa; desenvolver-se é outra. Crescer é, em linhas gerais, fácil. Desenvolver-se equilibradamente, difícil. Tão difícil que nenhum país do mundo conseguiu alcançá-lo ainda. Por esta perspectiva, todo o mundo segue estando mais ou menos subdesenvolvido".

[91] Josué de Castro (1908 – 1973) foi um importante pensador, professor, cientista, político e ativista brasileiro dedicado ao mapeamento e à compreensão da fome no Brasil e no mundo, responsável por dois importantes trabalhos: *Geografia da fome: a fome no Brasil* (1946) e *Geopolítica da fome* (1951). Médico de formação, Castro se dedicou a contestar a ideia de que a fome era resultado da insuficiência da produção de alimentos, ou decorrência de influências climáticas, improdutividade ou escolha de uma população – opção pelo ócio e não pelo trabalho. A fome era, e é resultado da má distribuição dos recursos e da terra, não sendo uma questão quantitativa de produção, mas consequência de decisões concentradas nas mãos de poucas pessoas (PENA, s/d).

> que el desarrollo económico avance en el pequeño número de regiones que dominan política y económicamente el mundo (CASTRO, 1973, p. 22)[92].

As falas de Josué de Castro (1973) discursam em defesa da necessidade de crescimento dos países em desenvolvimento com o fim de reduzir sua pobreza e desigualdade, e que uma política contrária ao crescimento não seria aplicável. Os países mais pobres precisavam, e ainda precisam, de infraestrutura, principalmente de saneamento básico, para reduzir a mortalidade por contaminações, entre elas a infantil, uma das principais preocupações do autor. Sua fala esclarece, contudo, que uma alteração no quadro de distribuição dos benefícios do desenvolvimento seria possível apenas diante de um outro arranjo econômico e mundial.

> Hay que considerar la degradación de la economía de los países subdesarrollados como una contaminación de su medio humano causada por los abusos económicos de las zonas de dominio de la economía mundial. El hambre, la miseria, los altos índices de frecuencia de enfermedades evitables con una higiene mínima, la corta duración media de la vida, todo esto es producto de la acción destructora de la explotación del mundo según el modelo de la economía de domínio[93] (CASTRO, 1973, p. 22).

Uma outra crítica diz respeito à própria questão do desenvolvimento. Ao contrapor países desenvolvidos e países subdesenvolvidos / em desenvolvimento / do terceiro mundo / periferia (entre tantos outros termos já empregados e refutados) cria-se uma distinção que leva a crer ser o desenvolvimento o destino de todos, como se a sua falta fosse representativa de algo rudimentar, de atraso, de uma sociedade primitiva – que o objetivo de todos os países é se desenvolverem (ACOSTA, 2016). O desenvolvimento, por sua vez, não é destituído de valor[94], mas centra-se naquele fomentado por países ocidentais onde a ciência, o mercado e o Estado são pedras fundantes e a monocultura mundial[95] (de cultura, de economia,

---

[92] Traduzindo livremente: "O subdesenvolvimento não é, como muitos pensam equivocadamente, insuficiência ou ausência de desenvolvimento. O subdesenvolvimento é um produto ou um subproduto do desenvolvimento, uma derivação inevitável da exploração econômica, colonial ou neocolonial, que se segue exercendo sobre as mais diversas regiões do planeta. [...] O fato de que se fale recentemente com insistência da poluição e da degradação provocadas pelo crescimento econômico deve-se ao fato de que a civilização ocidental, com seu repertório etnocêntrico, tem-se negado a aceitar a evidência de que a fome e a miséria de algumas regiões são parte do custo social de seu próprio progresso, um progresso que a toda a humanidade paga para que o desenvolvimento econômico avance em um pequeno número de regiões que dominam política e economicamente todo o mundo".

[93] Traduzindo livremente: "Devemos considerar a degradação da economia dos países subdesenvolvidos e a contaminação de seu meio humano consequência dos abusos econômicos das áreas dominantes da economia mundial. A fome, a miséria, as altas taxas de doenças evitáveis com uma higiene mínima, a baixa expectativa de vida são todos produtos da ação destrutiva da exploração do mundo decorrente do modelo da economia dominante".

[94] Como argumenta Wolfang Sachs (1996, p. 363), "el mito central de la modernidad europea es también un plan para la salvación a ser aplicado mundialmente. Su punto de arranque es el supuesto que la diligencia incesante, el progreso constante en la producción de bienes materiales, la ininterrumpida conquista de la naturaleza, la reestructuración del mundo en procesos previsibles, tecnológica y organizacionalmente manipulables, producirá automática y simultáneamente las condiciones de la felicidad humana, la emancipación y la redención de todos los males". Traduzindo livremente: "o mito central da modernidade europeia é também um plano de salvação a ser aplicado em todo o mundo. O seu ponto de partida é o pressuposto de que a diligência incessante, o progresso constante na produção de bens materiais, a conquista ininterrupta da natureza, a reestruturação do mundo em processos previsíveis, tecnologicamente e organizativamente manipuláveis, produzirão automática e simultaneamente as condições de felicidade, emancipação e redenção de todos os males humanos".

[95] Uma importante publicação sobre este assunto é o "*Diccionario del desarrollo: Una guía del conocimiento como poder"* (PRATEC, Perú, 1996) organizado por Wolfang Sachs, cuja primeira edição remonta a 1992 na língua inglesa. Neste trabalho os autores discutem, através de palavras-chaves (ciência, desenvolvimento, Estado, tecnologia, mundo, mercado,

de língua etc.) seu principal objetivo (SACHS, W., 1996).

Também grave é o que esta postura representa em termos de diversidade cultural, pois a busca pelo modelo é representativa de um "desenvolvimento mimético" (SACHS, I., 1986) – e é aqui onde se negam as especificidades culturais, as riquezas ambientais próprias de cada país e região, a diversidade de raças, as potencialidades tecnológicas[96] - a favor da inserção econômica mundial, a mesma que mantém a estrutura entre países desenvolvidos e em desenvolvimento[97].

O Relatório de Brundtland é duramente criticado por não questionar modelo econômico corrente - pelo contrário, reforça-o propondo ajustes. Entre seus argumentos, apontou que o modelo de desenvolvimento adotado pelos diferentes países, baseado na industrialização, alta produtividade e consumo compulsivo, era incompatível com a capacidade de suporte dos ecossistemas, tanto devido à extração excessiva de recursos naturais, quanto à capacidade de absorção e transformação de resíduos (resiliência) – o que já estava sendo discutido desde a década de 1970. Propôs que os recursos básicos para a manutenção da vida, como água, a atmosfera, o solo e os seres vivos não fossem colocados em risco, garantindo, assim, o atendimento às necessidades do presente sem comprometer a mesma possibilidade para as gerações futuras.

O relatório colocou a preocupação com o abastecimento de recursos como fundamental, apesar de apontar em várias passagens a necessidade de se minimizar a pobreza e a desigualdade, algumas vezes indicando serem estas as responsáveis pela degradação ambiental em países em desenvolvimento. E ainda destacou: "O desenvolvimento sustentável requer que as sociedades atendam às necessidades humanas tanto pelo **aumento do potencial produtivo** como pela garantia de oportunidades iguais para

---

necessidade etc.), como a ideia monocultural de desenvolvimento é articulada para manter e reforçar a organização sociopolítica do mundo, mantendo, por isso, a estrutura entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos sob a falsa pretensão de ultrapassá-la. Também esclarece como a Organização das Nações Unidas (ONU) acaba por incorporar a ideia de uma monocultura mundial que contribui para a aniquilação da diversidade cultural, social, política.

[96] Vale a pena relembrar as palavras de Laymert Garcia dos Santos, discutido no capítulo 01: "A mente colonizada abomina o passado, especialmente o passado não colonizado dos povos indígenas; mais ainda, a obsessão do descompasso impede-a de reconhecer o que é válido na tradição, pois ela está sempre partindo do que falta, e não do que realmente existe. Os olhos colonizados não podem ver valor algum no país – principalmente o valor da sua biodiversidade e de sua sociodiversidade. Num certo sentido, o Brasil ainda está para ser descoberto ou redescoberto... pelos brasileiros, e acima de tudo, por uma elite que parece não saber onde está" (SANTOS, 2003, p. 57).

[97] Uma leitura interessante, que extrapola o campo de discussão desta tese, mas tem relação com os temas tratados aqui é o Planeta Favela de Mike Davis (DAVIS, 2006). Nele o autor descreve processos de urbanização dos países ricos e pobres enfatizando as diferenças e as particularidades de cada país. Ainda que submetidos ao mesmo discurso desenvolvimentista, a divisão internacional do trabalho – ou a especialização produtiva entre os diferentes países na Organização Mundial do Comércio – resulta em processos muito particulares de ocupação e expansão das cidades, em especial o fenômeno de uso intensivo de capital no campo, e uso intensivo de mão de obra na cidade, não acompanhada pela oferta de empregos – ou seja, não é possível discutir, muito menos transpor soluções dos países industrializados para os países mais pobres. Sachs (2004) explica, por sua vez, que este equilíbrio entre modernização do campo, migração para as cidades e ocupação da população nos países europeus foi resolvida mediante emigração massiva para as Américas e para as colônias. A ideia de um modelo, ou um percurso certo a ser perseguido é, assim, uma falácia.

todos" (ONU[98], 2018, destaque nosso). Partiu, assim, da hipótese de que aumentando a produção, usando menos recurso para produzir mais[99], seria possível minimizar os impactos ambientais da ação humana e ao mesmo tempo melhorar a qualidade de vida da população.

Há certo otimismo na relação "aumento de produção" e "garantia de oportunidades iguais", pois, como já discutido no capítulo anterior, esta equação não se sustenta no modo de produção capitalista. E há, por parte do relatório, um exacerbado otimismo no papel da tecnologia[100].

> O conceito de desenvolvimento sustentável tem, é claro, limites - não limites absolutos, mas limitações impostas pelo estágio atual da tecnologia e da organização social, no tocante aos recursos ambientais, e pela capacidade da biosfera de absorver os efeitos da atividade humana. Mas tanto a tecnologia quanto a organização social **podem ser geridas e aprimoradas** a fim de proporcionar uma nova era de crescimento econômico. Para a Comissão, a pobreza generalizada já não é inevitável. A pobreza não é apenas um mal em si mesma, mas para haver um desenvolvimento sustentável é preciso atender às necessidades básicas de todos e dar a todos a oportunidade de realizar suas aspirações de uma vida melhor (CMMAD, 1991, pp. 09 e 10, grifo nosso).

O relatório descreve serem necessárias tecnologias promotoras da eficiência produtiva, otimizando o consumo dos materiais, reduzindo a geração de poluição - principalmente para a satisfação das necessidades essenciais em regiões onde elas não estão sendo atendidas. Advoga, ainda, que muitas das necessidades humanas só podem ser alcançadas mediante "crescimento potencial pleno" (CMMAD, 1991, p. 47) apoiado na atividade industrial[101], e por isso ela deveria ser promovida em conjunto com medidas mais rigorosas em relação aos produtos químicos perigosos e aos rejeitos tóxicos.

É evidente, ao longo de todo o texto, a preocupação em reduzir a desigualdade social, melhorar a qualidade de vida da maior parte da população, em reduzir a exploração do meio ambiente, sendo todas estas preocupações genuínas. Mas, ao não questionar o modo de produção, a organização social imperativa para manter este modelo, a obsolescência programada, a necessidade infinita e crescente de exploração do meio ambiente – os reais aspectos promotores da "insustentabilidade" - o relatório acaba justificando o próprio modelo de desenvolvimento baseado no crescimento econômico (veja, o texto citado e destacado fala de gestão e aprimoramento da tecnologia e da organização social, não em seu questionamento e problematização!). Além disso, reduzir a exploração dos recursos naturais passa a ser uma meta para garantir a produção futura (ACSELRAD, 1993) e não, necessariamente, uma forma de

---

[98] Informações disponíveis no site das Nações Unidas: https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/

[99] Estas são apenas algumas das medidas propostas pelo relatório de Brundtland. Outras são: controle do crescimento populacional, preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, segurança alimentar, busca por novas fontes de energia e redução de seu consumo (CMMAD, 1991).

[100] Ullrich (1996) descreve esta confiança na ciência e tecnologia como "um sonho de felicidade sem sacrifício", agora pautada na modernização ecológica da indústria.

[101] "Muitas das necessidades humanas básicas só podem ser atendidas por bens e serviços industriais, e a transição para o crescimento sustentável deve ser estimulada por um fluxo contínuo de riqueza proveniente da indústria" (CMMAD, 1991, p. 18).

distribuição justa e equitativa daquilo que se produzirá.

Para Layrargues (1997) o modo como o relatório de Brundtland foi redigido, e como se posicionou diante dos problemas daquele momento, foi bastante conveniente tanto para países desenvolvidos (Norte) quanto subdesenvolvidos (Sul), "[...] onde o primeiro, desejando omitir a poluição da riqueza, e o segundo, desejando obter investimentos para mitigar a pobreza, orquestraram seus interesses particulares em total harmonia". E ainda, "[...] o desenvolvimento sustentável assume claramente a postura de um projeto ecológico neoliberal, que sob o signo da reforma, produz a ilusão de vivermos um tempo de mudanças, na aparente certeza de se tratar de um processo gradual que desembocará na sustentabilidade socioambiental" (LAYRARGUES, 1997, p. 10), o que representaria um risco para a sociedade pela falta de ação efetiva diante de um problema comum.

Outra crítica ao relatório é a ausência de parâmetros claros, possibilitando o uso do conceito de sustentabilidade de modo indiscriminado, dando abertura para a criação de um discurso legitimador, ou "[...] uma noção a que se pode recorrer para tornar objetivos diferentes projetos sociais e ideias" (ACSELRAD, 1997, p. 11). No campo da discussão tecnológica esta falta de consenso tem permitido com que qualquer melhoria seja denominada uma inovação sustentável, banalizando o uso do conceito, e perpetuando os processos produtivos sem questioná-los (LIMONAD, 2013), principalmente os reais resultados advindos do seu emprego. Isso porque, em geral, a sustentabilidade é entendida como algo bom, que merece ser apoiado.

O que a crítica ao desenvolvimento sustentável, à sustentabilidade e ao Relatório de Brundtland tem tentado evidenciar é que qualquer ação a favor da sustentabilidade é insuficiente se não se questiona o modelo econômico e social baseado na mercantilização, a qual se sustenta na produtividade, redução de custo de produção e na concentração de renda. Para se aumentar a produtividade é necessário aumentar a exploração dos recursos naturais, seja de forma mais eficiente ou não. Reduzir o custo por meio da industrialização implica, como nos explicou Marx (2013), a inclusão dos mais pobres na roda do consumo, estes mesmos pobres que são submetidos a atividades de trabalho simplificadas e minimamente remuneradas. Também não significa reduzir o preço de venda, pois geralmente a redução do custo é referente ao custo de produção, implicando na concentração de renda pelos donos dos meios de produção.

Produzir mais e mais barato, por sua vez, não é sinônimo de produzir bens necessários e de qualidade, o que acarreta o aumento do consumo de recursos e a geração de resíduos. Se é necessário consumir para manter a roda da economia girando, produtos duráveis são uma contradição. E como sabemos existe todo um setor da sociedade empenhado para que tenhamos como certo que o novo é mais interessante e representativo de sucesso, *status*, bem-estar e felicidade.

2.2. Modos de pensar desenvolvimento e sustentabilidade

Como vimos, a discussão sobre o desenvolvimento sustentável circunscrito pelo Relatório de Brundtland acabou reforçando a manutenção do sistema tal como ele é. Na verdade, a estampagem verde propiciada pelo termo legitimou ações e encobriu velhas práticas que contribuíram para o nosso atual desafio: o aquecimento global e as mudanças climáticas. A despeito disso, foram propostas outras teorias e discussões para a construção de um novo tipo de "desenvolvimento" ou de sociedade, as quais tentaram se legitimar e ganhar visibilidade. Vamos aqui destacar e apresentar brevemente algumas delas: o Ecodesenvolvimento, a Bioeconomia, o Decrescimento, a Economia Estacionária, e o Bem Viver[102]. São teorias econômicas, importantes de serem apresentadas, sempre tendo em vista que a arquitetura e a construção civil compõem o mundo da Economia Política. Estudá-las representa um esforço para encontrar novas balizas para a discussão de arquitetura sustentável e tecnologia construtiva de baixo carbono.

Este subcapítulo está dividido em duas partes distintas: a primeira, representada por Ignacy Sachs, acredita e defende o desenvolvimento enquanto meio para a sustentabilidade. O autor é também responsável pela teoria das dimensões da sustentabilidade[103], muito citada por diferentes pesquisas em arquitetura e construção civil. O interesse em sua obra está na abordagem que dá ao tema, principalmente por dedicar parte de sua pesquisa à consolidação de práticas sustentáveis. A segunda parte do texto, por sua vez, apresenta teorias contrárias ao desenvolvimento, em especial à ideia de crescimento econômico associada a ele.

2.2.1 Manter o desenvolvimento alterando os seus mecanismos – Ignacy Sachs

Ignacy Sachs (1927), nascido na Polônia e naturalizado francês, é economista, criador e difusor da ideia de ecodesenvolvimento. Com o ecodesenvolvimento, Sachs (1986) defende a possibilidade do desenvolvimento apoiado no crescimento econômico requalificado, o qual seria alcançado pela convivência harmônica entre os objetivos sociais e ambientais. Além disso, defende ser imprescindível inserir a dimensão ambiental ao conceito de desenvolvimento e de planejamento do desenvolvimento, partindo do entendimento de que o homem é parte da natureza, e que o meio ambiente é a base para a

---

[102] Estas são algumas correntes de pensamento existentes a serem apresentadas neste texto por estarem mais alinhadas à abordagem proposta para este trabalho. Outras, também ricas em possibilidades, seriam a Justiça Ambiental (ver ACSELRAD, 2002), o Marxismo Ecológico (ver LOWI, 2013), Ecologia Política (ver LEFF, 2006).

[103] Ignacy Sachs, na década de 1980, já havia discutido a necessidade de se basear o desenvolvimento sustentável nos pilares eficiência econômica, justiça social e prudência ecológica. Em 2002, o mesmo autor lançou o livro *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*, através da compilação de trabalhos realizados na década de 1990, onde registra os critérios de sustentabilidade, expandindo os pilares para social, cultural, ecológico, ambiental, territorial, econômico e político, e assim complexificando a discussão. Na década de 1990, John Elkington buscou medir, em um de seus trabalhos, a sustentabilidade de uma empresa através dos critérios econômico, ambiental e social. Cunhou, a partir disso, o termo *Triple Botton Line*, e em 1999 lançou livro *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*, onde explica a sua teoria.

realização de todas as atividades de reprodução social.

Para Sachs, o desenvolvimento deveria promover uma verdadeira mudança social, superando a simplificação do "custo-benefício" instituído pela economia. O crescimento requalificado seria algo inegável, necessário para corrigir as injustiças sociais históricas de uma parcela significativa da população, excluídas do acesso ao bem-estar. Por isso, o autor se posiciona de maneira bastante crítica às teorias do decrescimento ou do crescimento zero, considerando-as pessimistas e abismais, uma vez que estas não propõem alternativas e confundem taxa de crescimento e taxa de exploração da natureza. Propõe, por sua vez, questionar o caráter selvagem do atual modelo de crescimento econômico onde se explora excessivamente os recursos ambientais com o fim de atender às necessidades de produção, e pouco às reais necessidades humanas. Para o autor, a chave estaria em "[...] harmonizar os objetivos socioeconômicos e ambientais mediante a redefinição de padrões de uso de recursos e das finalidades do crescimento" (SACHS, 1986, p. 71).

As ideias de Ignacy Sachs foram inicialmente formuladas como um modo de promover o desenvolvimento dos países de "Terceiro Mundo", particularmente o território rural. Tenta fugir das soluções universalistas empregadas sem critérios pelos diferentes países, as quais, no mais das vezes, promovem a submissão e a dependência entre países ricos e pobres. Em seu argumento, um outro desenvolvimento deveria partir do entendimento das potencialidades de cada região, a fim de atender às necessidades da população a partir do melhor uso do que há disponível nela. Em suas palavras:

> [...] o ecodesenvolvimento é um estilo de desenvolvimento que, em cada ecorregião, insiste nas soluções específicas de seus problemas particulares, levando em conta os dados ecológicos da mesma forma que os culturais, as necessidades imediatas como também aquelas a longo prazo. Opera, portanto, com critérios de progresso relativizados a cada caso, aí desempenhando papel importante a adaptação ao meio postulada pelos antropólogos. Sem negar a importância dos intercâmbios [...] o ecodesenvolvimento tenta reagir à moda predominante das soluções pretensamente universalistas e das fórmulas generalizadas" (SACHS, 1986, p. 18).

Sachs participou ativamente das discussões iniciadas a partir da década de 1960, sendo um dos organizadores de eventos importantes como a Conferência de Estocolmo de 1972 (BRESSER-PEREIRA, 2013). Por isso, compartilha da crítica ao consumismo e à concentração de renda, à pobreza e às desigualdades sociais já comentadas no início deste capítulo, assim como ao modo de utilização dos recursos naturais (materiais e energéticos), às técnicas empregadas, à forma de ocupação do solo, e ao tamanho, ritmo de crescimento e distribuição da população. Desenvolver, adotando uma nova estratégia, seria a solução para as populações miseráveis diante das visíveis contradições das ditas nações desenvolvidas.

Para ele, o Produto Nacional Bruto (PNB), recorrentemente utilizado enquanto um indicador de desenvolvimento, deveria ser complementado por outros indicadores, como os sociais (disponibilidade e

acesso a equipamentos coletivos, habitação, serviços sociais, condições psicossociológicas) e os de resiliência do meio ambiente (qualidade do ar, da água, disponibilidade de recursos, nível de geração de poluição). Isolado, o PNB seria apenas um detector do nível de atividade econômica, dado insuficiente para analisar a real qualidade de vida de uma população.

Um outro crescimento para um outro desenvolvimento precisa, para o autor, de uma outra postura do Estado, e não pode ficar a cargo do mercado. Para tanto, seria necessária a organização social através de um sistema econômico misto, articulando um setor de mercado forte e regulado e a presença contundente do Estado Desenvolvimentista a nível local, regional e nacional (BRESSER-PEREIRA, 2013). Também seria necessário promover mudanças de comportamento social visando evitar o desperdício no uso dos bens, alterar os padrões de consumo, substituindo as alternativas, mas mantendo as comodidades (por exemplo, manter o benefício da mobilidade através do uso de outros meios de transportes ambientalmente menos agressivos) (SACHS, 1986).

De modo geral e de forma simplificada e bastante resumida, as principais estratégias propostas pelo autor para o ecodesenvolvimento são apresentadas no Quadro 3:

Quadro 3 - Estratégias para o ecodesenvolvimento.

Valorizar os recursos específicos de cada ecorregião para o atendimento às necessidades básicas de sua população (alimentação, moradia, saúde, educação etc.);
Priorizar a melhoria da qualidade de vida do homem, recurso mais precioso, por meio da geração de emprego, melhoria da segurança geral e respeito às diversidades;
Identificar, explorar e gerir os recursos naturais disponíveis de modo a evitar sua depredação e esgotamento;
Priorizar o uso de recursos renováveis, optando por tecnologias que os incorporem;
Reorganizar o sistema produtivo de modo a torná-lo mais circular possível, maximizando o uso do recurso, evitando desperdícios, geração de resíduos e poluição;
Optar pelo uso de energia renovável e desenvolver tecnologias que apostem no poder da fotossíntese;
Desenvolver um novo estilo tecnológico – gestão racional dos recursos e redução dos efeitos ambientais negativos;
Não adotar modelos restritos e padronizados, mas ampliar as possibilidades de soluções, considerando sempre as especificidades de cada caso;
Promover a educação voltada para atividades de planejamento e gestão participativa, de modo a dar autonomia de decisão política para cada ecorregião. Neste sentido, também seria fundamental instituir uma estrutura horizontal de autoridade capaz de fugir de particularidades setoriais e compreender a complementaridade de todas as ações empreendidas.

Fonte: Sachs (1986).

O Quadro 4 apresenta as especificações do autor para o setor da construção civil.

Quadro 4 - Estratégias do ecodesenvolvimento aplicadas à construção civil.

Priorizar o uso de materiais de origem local, geralmente baratos e abundantes, evitando transportes extensivos;
Optar por materiais de origem renovável, como fibras e madeira, e utilizá-los com parcimônia, tendo em vista o seu possível esgotamento;

Incorporar resíduos industriais como recurso construtivo, desde que sem prejuízo à saúde do usuário;
Optar pelo emprego de materiais passíveis de reciclagem ao final da vida útil da edificação;
Empregar técnicas construtivas intensivas em trabalho, de modo a empregar mais pessoas possíveis, gerando emprego e renda na ecorregião;
Incorporar inovações tecnológicas voltadas para a melhoria da eficiência e da durabilidade das construções;
Adaptar as edificações às condições ecológicas próprias de seu local de implantação seguindo os princípios básicos de uma boa arquitetura – conforto ambiental;
Projetar visando a eficiência energética da edificação e o uso de dispositivos como painéis e aquecedores solar;
Promover o reuso e a economia de água, normalizando o uso da água de chuva;
Instituir a coordenação modular nos componentes empregados na construção de uma edificação por meio de padronização de dimensões, evitando desperdícios referentes a adequações no momento da construção;
Integrar a ecologia e antropologia ao pensamento urbanístico, de modo a trazer outras questões para o desenho urbano, principalmente aquelas relacionadas às especificidades culturais do local.

Fonte: Sachs (1986).

Sachs (1986) trabalha, ainda, o conceito de técnicas apropriadas - técnicas elaboradas a partir de contexto social, econômico e ambiental particulares de cada ecorregião, e em função dos anseios e preferências da população envolvida. Como resultado, o leque de soluções seria imenso e diverso, contribuindo para o desenvolvimento regional mais independente. Defende ser imprescindível construir visando a maior durabilidade possível da construção, se possível incorporando materiais reciclados em seus componentes e sistemas construtivos, passíveis, ainda, de nova reciclagem ao final de cada ciclo de uso.

Sachs e as dimensões da sustentabilidade

Sachs (2002) também é o autor responsável pela evolução do tripé da sustentabilidade, referência importante constantemente citada por pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento. O autor argumenta que, em geral, a sustentabilidade é confundida apenas como sustentabilidade ambiental – visto a importância do meio ambiente para a manutenção do nosso sistema produtivo e das instituições sociais. Mas a sustentabilidade é mais complexa e a sua correta compreensão deve considerar as diversas outras dimensões do conceito, principalmente para as tomadas de decisões de âmbito universal, incluindo passiva e ativamente toda a sociedade. Trata-se da noção de pluridimensionalidade da sustentabilidade, a qual deve ser abraçada pela discussão do desenvolvimento.

Em primeiro lugar, deve-se considerar a dimensão **social** da sustentabilidade como objetivo principal do desenvolvimento. Segundo o autor, todo o aparato econômico, social, organizacional e tecnológico historicamente instituído teve como finalidade atender às necessidades humanas fundamentais, mas foram, ao longo do tempo, direcionadas para atender às necessidades de produção, e assim, do mercado. Isto posto, é necessário priorizar as pessoas já que é maior a probabilidade de que um colapso social ocorra bem antes de uma catástrofe ambiental. E isso poderia ser realizado por meio das seguintes

metas: *"alcance de um patamar razoável de homogeneidade social; distribuição de renda justa; emprego pleno e / ou autônomo com qualidade de vida decente; igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais"* (SACHS, 2002, p. 85).

A sustentabilidade **cultural** procede a social em importância, incluindo as metas: *"mudança no interior da continuidade (equilíbrio entre respeito à tradição e inovação); capacidade de autonomia para elaboração de um projeto nacional integrado e endógeno (em oposição às cópias servis dos modelos alienígenas); autoconfiança combinada com abertura para o mundo"* (SACHS, 2002, pp. 85 e 86). Nada mais é do que o respeito às especificidades de cada local (social e de biodiversidade) e a autonomia para determinar os caminhos para o desenvolvimento de acordo com as necessidades locais. Isso sem desconsiderar importantes avanços sociais e tecnológicos realizados pela humanidade e que são realmente importantes para o bem-estar coletivo.

Para o autor, a sustentabilidade do **meio ambiente** é decorrência das dimensões social e cultural, e não o contrário. Se não há avanços de âmbito social e cultural certamente o meio ambiente não será respeitado – algo como a poluição da pobreza, já comentado. Aqui o autor determina duas dimensões diferentes: a ecológica e a ambiental. A dimensão ecológica pressupõe: *"preservação do potencial do capital natureza na sua produção de recursos renováveis; limitar o uso dos recursos não renováveis"* (SACHS, 2002, p. 86). E a dimensão ambiental tem como meta: *"respeitar e realçar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais"* (SACHS, 2002, p. 86). São ações embasadas na ideia de capacidade de suporte do sistema ambiental, incluindo a redução do volume de resíduos e a instituição de práticas de conservação de energia e reciclagem, amparadas por pesquisas tecnológicas ambientalmente mais adequadas e políticas públicas de proteção ambiental (SILVA, 2000).

A sustentabilidade **territorial** deve prezar pela distribuição territorial equilibrada de assentamentos humanos e das atividades que lhes dão suporte. O entendimento das necessidades, especificidades e saberes próprios de cada local é importante para esta dimensão. São suas metas: *"configurações urbanas e rurais balanceadas (eliminação de inclinações urbanas nas alocações do investimento público); melhoria no ambiente urbano; superação das disparidades inter-regionais; estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis (conservação da biodiversidade pelo ecodesenvolvimento)"* (SACHS, 2002, p.86).

A sustentabilidade **econômica** é considerada importante, mas não deve se sobressair às demais dimensões ambiental e social. É preciso ter em mente que qualquer transtorno econômico tem consequências sociais e ambientais, como um efeito dominó, e por isso decisões econômicas devem ser realizadas tendo a preocupação com as demais dimensões. Entre suas metas o autor determina: *"desenvolvimento econômico intersetorial equilibrado; segurança alimentar; capacidade de*

modernização contínua dos instrumentos de produção; razoável nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica; inserção soberana na economia internacional" (SACHS, 2002, pp.86 e 87).

A sustentabilidade **política nacional** diz respeito à governabilidade, de extrema importância para a determinação e implementação de um modelo de desenvolvimento que respeite as diferentes dimensões da sustentabilidade, em especial a conservação da biodiversidade. Entre as metas, destaca: *"democracia definida em termos de apropriação universal dos direitos humanos; desenvolvimento da capacidade do Estado para implementar o projeto nacional, em parceria com todos os empreendedores; um nível razoável de coesão social"* (SACHS, 2002, p. 87). Novamente é reforçada a necessidade de se articular os diferentes atores sociais para a elaboração de um projeto de âmbito nacional (local) que possibilite prosperidade a toda a população e a garantia dos direitos humanos.

A sustentabilidade **política** de âmbito **internacional** tem por objetivo manter a paz evitando guerras e conflitos genocidas e ecocidas, além de estabelecer um sistema global de administração e compartilhamento de todo o patrimônio da humanidade, seja ambiental, cultural, de conhecimento, voltado para o desenvolvimento pleno e igualitário de todas as pessoas. Entre as metas o autor estabelece:

> "eficácia do sistema de prevenção de guerras da ONU, na garantia da paz e na promoção da cooperação internacional; um pacote Norte-Sul de co-desenvolvimento, baseado no princípio da igualdade (regras do jogo e compartilhamento da responsabilidade de favorecimento do parceiro mais fraco); controle institucional efetivo do sistema financeiro e de negócios; controle institucional efetivo da aplicação do Princípio da Precaução na gestão do meio ambiente e dos recursos naturais; prevenção das mudanças globais negativas; proteção da diversidade biológica (e cultural); e gestão do patrimônio global, como herança comum da humanidade; sistema efetivo de cooperação científica e tecnológica internacional e eliminação parcial do caráter de commodity da ciência e da tecnologia, também como propriedade da herança comum da humanidade" (SACHS, 2002, pp. 87 e 88).

As dimensões da sustentabilidade podem ser consideradas como as diferentes faces de uma mesma forma, tal qual foi proposto por Gama (1987) quando do tetraedro da tecnologia. Neste sentido, qualquer decisão denominada sustentável deve ser baseada neste complexo de relações de dimensões, fruto de um processo que não é trivial e nem simples, dificilmente eficaz sem a presença de uma equipe multidisciplinar engajada. Neste sentido, precisa da participação de autoridades e da população local, cientistas, associações civis, agentes econômicos da esfera pública e privada em todas as etapas, desde a definição do problema, planejamento, ação, até a avaliação dos resultados. De acordo com Sachs (2002), é necessário empregar a diversidade cultural para ampliar as possibilidades de respostas a um mesmo problema e para a identificação das necessidades de um grupo de pessoas.

A maneira como Sachs tratou a sustentabilidade é parte de um esforço em tornar uma concepção abstrata, como colocada pelo Relatório de Brundtland, em algo mais palpável e passível de aplicação.

Ao mesmo tempo, revela a complexidade de se atuar dentro deste conceito, haja vista as diferentes dimensões a serem consideradas, não se tratando apenas de preservar o meio ambiente garantindo recursos para as atuais e futuras gerações.

Outro ponto importante advindo da discussão da pluridimensionalidade da sustentabilidade é a noção de que não existe uma única resposta para se alcançar o desenvolvimento, não existe apenas uma forma de se desenvolver. A sustentabilidade assume, assim, um caráter plural e interdisciplinar, mas também é espacial, temporal e participativo.

Desde a publicação da pluridimensionalidade da sustentabilidade de Sachs muitos outros trabalhos foram desenvolvidos tentando criar uma ferramenta de análise capaz de lidar com a complexidade da pluridimensionalidade – trata-se da complexidade própria de cada dimensão, e daquela advinda da relação entre as elas. As propostas de ferramentas objetivam facilitar justamente a tomada de decisões, mas acabam por revelar quão difícil é dar peso aos diferentes aspectos propostos pelo autor e como é necessária a participação coletiva neste processo para que uma dimensão não seja priorizada em detrimento de outra.

2.2.2. Crítica ao desenvolvimento enquanto crescimento econômico – "após-desenvolvimento" (*post development*)

Há, por sua vez, um conjunto de pensadores que, contrários à Sachs, consideram ser impossível uma sociedade de desenvolvimento baseada no crescimento econômico. De acordo com Latouche (2009), estes autores podem ser reunidos sob uma bandeira única, que é o decrescimento, projeto alternativo para uma política do após-desenvolvimento[104]. Citaremos nesta tese apenas alguns deles, bem como as especificidades de suas linhas de pensamento, a saber: Nicholas Georgescu-Roegen e a bioeconomia, economista que primeiro tratou da ideia da natureza enquanto limitante para a economia corrente; Serge Latouche e o decrescimento; Herman Daly e a economia estacionária; e, por fim, Alberto Acosta, Eduardo Gudynas e o Bem-viver pelo enfoque na América Latina. Destaca-se que não é objetivo deste trabalho explorar exaustivamente cada uma das ideias.

Para além das especificidades de cada conceito e proposta do após-desenvolvimento existe um conjunto de críticas que os aproxima, a saber:

[104] Nas palavras do autor: "[...] o decrescimento é simplesmente uma bandeira sob a qual reúnem-se aqueles que procederam a uma crítica radical do desenvolvimento e querem desenhar os contornos de um projeto alternativo para uma política do após-desenvolvimento. Sua meta é uma sociedade em que se viverá melhor trabalhando e consumindo menos. E uma proposta necessária para que volte a se abrir o espaço da inventividade e da criatividade do imaginário bloqueado pelo totalitarismo economicista, desenvolvimentista e progressista" (LATOUCHE, 2009, p. 06). Um livro interessante que discute e coloca em diálogo este conjunto de ideias do após-desenvolvimento é o Pluriverso, lançado em português em 2019 pela Editora Elefante, sob organização de Pablo Sólon.

1) condenação ao crescimento econômico e, portanto, à necessidade de exploração crescente dos recursos ambientais e humanos;
2) crítica ao capitalismo, sistema produtivo apoiado e dependente do crescimento, e que o tem enquanto caminho para a concentração de riquezas;
3) rejeição ao PIB, falso indicador de desenvolvimento social;
4) crítica ao desenvolvimento sustentável, à economia circular e ao crescimento verde, por não cumprirem suas promessas e, no fim das constas, promover o "Paradoxo de Jevons[105]";
5) e crítica à mercantilização, por transformar produtos sociais, serviços, relações humanas, natureza (tudo!) em mercadorias (ASARA *et al.*, 2015; KALLIS; DEMARIA; D'ALISA, 2016).

Para os autores do após-desenvolvimento a busca pelo desenvolvimento, baseado no crescimento da economia, seria uma falsa questão. Crescer infinitamente produzindo mais bens materiais e resíduos não é possível em um planeta com recursos finitos – o crescimento é incompatível com as leis fundamentais da natureza (BONAIUTI, 2016, p. 49), como já discutido nos capítulos anteriores. Diante de um cenário de esgotamento, o sistema econômico tende a empenhar esforços na exploração de outros recursos não tão acessíveis exigindo maior consumo de energia e demais recursos, ao mesmo tempo em que desconsidera outros custos desta decisão, como os ambientais e sociais. Um exemplo apresentado por Marques (2018) seria o petróleo, explorado agora em poços cada vez mais profundos, ou por meio da fraturamento das rochas (*fracking*), portanto, através de processos de maior complexidade, mais onerosos, dependentes de subsídio pelos diferentes governos para serem economicamente viáveis. Ora, se há investimento na manutenção da exploração do petróleo, recurso finito, investimentos em outros setores importantes da sociedade são abandonados. Isso seria um indício muito forte de um período de "mal desenvolvimento", conforme destaca Daly (2010) ou um "mal viver", como denomina Acosta (2016).

Outra incoerência, destacada por Latouche (2009), é que o sistema capitalista tem como objetivo criar necessidades que ele ao mesmo tempo satisfaz, mas já produzindo os bens correspondentes de reparação, compensação e consolo. Por exemplo: cria piscinas porque os rios estão poluídos e não podem mais ser utilizados enquanto espaço de lazer; repara os danos da poluição para continuar

[105] Paradoxo de Jevons / *rebound effect* / efeito rebote: acontece quando medidas de eficiência voltadas para a redução do consumo de um recurso em âmbito particular acabam por estimular o aumento do consumo global deste mesmo recurso. William Stanley Jevons (1835-1882), quem primeiro argumentou sobre isso, analisou como o aumento da eficiência dos motores a carvão estimulou o aumento global no consumo do minério. Hoje, podemos usar como exemplo os aparelhos de ar-condicionado: quanto maior sua eficiência energética, menor o custo em sua utilização, portanto mais pessoas adquirem o aparelho. Se cada aparelho, em particular, desempenha a mesma função se utilizando de menos energia, mais aparelhos em uso tendem a aumentar o consumo global de energia (ALVES, 2012).

poluindo; ou gera mais sistemas de transportes para compensar a falta de organização física das cidades.

Outro ponto que aproxima todas as propostas é a necessidade de uma mudança na organização social. Para estes autores, hoje o Estado assume e representa os interesses de grandes empresas (principalmente bancos) e grandes fortunas do sistema financeiro. Assim, bens coletivos, como hospitais e escolas, que contribuem amplamente para o bem-estar social, são entendidos como gasto e não como investimento, o que torna a sociedade cada vez mais pobre e dependente do trabalho e do dinheiro, pois estes direitos fundamentais também passaram a ser mais um item à venda. A fim de alterar este cenário, propõem que a função do Estado seja reavaliada, o que seria possível mediante engajamento social.

Por fim, as propostas que serão apresentadas almejam uma organização social apoiada no menor uso dos recursos naturais disponíveis, no fim do consumismo e dos artifícios que o promovem, na equidade social e no fim da pobreza extrema, e em um viver onde predominem significados básicos como "compartilhamento", "simplicidade", "convivencialidade", "cuidado" e "recursos comuns". De acordo com Kallis, Demaria e D'Alisa (2016, p. 24):

> Decrescimento significa uma sociedade com um metabolismo menor, mas, mais importante, com um metabolismo que tenha uma estrutura diferente e cumpra novas funções. O decrescimento não demanda fazer menos do mesmo. O objetivo não é tornar um elefante mais magro, e sim transformar um elefante em uma lesma. Em uma sociedade do decrescimento, tudo será diferente: atividades diferentes, diferentes formas e usos de energia, relações diferentes, papéis de gênero diferentes, diferentes alocações de tempo entre trabalho remunerado e não remunerado, diferentes relações com o mundo não humano.

A Bioeconomia por Nicholás Georgescu-Roegen

Nicholás Georgescu-Roegen (1906 – 1994), de origem romena, foi cientista, matemático, estatístico, economista e crítico do "dogma" do crescimento econômico (CECHIN, 2008). Sua principal contribuição foi observar as bases econômicas e discutir cientificamente a ideia de que a natureza é o fator limitante para o processo produtivo, diferente do que era preconizado até a década de 1960. Por isso, é considerado o precursor das ideias do decrescimento (KALLIS; DEMARIA; D'ALISA, 2016), apesar de não assumir o termo até meados da década de 1990.

No artigo *The Entropy Law and the Economic Process,* publicado em 1971, o autor questiona a economia baseada em modelos mecânicos, onde a produção e o consumo formam um ciclo fechado pautado, supostamente, em processos reversíveis[106]. Este modelo desconsidera as fontes de energia e de

[106] Motta e Aguilar explicam de maneira mais clara a ideia de sistemas ou ciclos fechados: "Os sistemas fechados não apresentam troca com o meio ambiente ou o sistema que os circunda, ou seja, não recebem nenhum recurso externo e nada produzem que seja enviado para fora. Portanto, os sistemas fechados não recebem nenhuma influência do ambiente e não o influencia. Conhecendo e controlando todas as variáveis, os sistemas fechados são previsíveis. Podemos dizer que o único sistema físico fechado seria o universo, todos os demais sistemas físicos apresentam algum tipo de troca com outros sistemas. [...] Os sistemas abertos são aqueles que apresentam relações de intercâmbio com o ambiente, por meio de entradas (*inputs*)

matérias-primas sustentáculos de todo o processo produtivo, bem como os resíduos dele decorrente. Para o autor, isso seria um equívoco e, se analisarmos o processo econômico como um todo, considerando matéria-prima, energia, produção, consumo e descarte, ele não seria circular, nem fechado. Ou seja, o processo econômico segue um fluxo onde há a entrada de recursos naturais de valor (matéria prima e energia), e a saída de resíduos sem valor (lixo e poluição), linearmente, pois os resíduos não se incorporam novamente ao processo (GEORGESCU-ROEGEN, 2012), tornando-o irreversível. Esta ideia foi considerada um marco naquele momento, pois negava tudo o que era ensinado nos livros de economia. Por este motivo Georgescu-Roegen foi "banido" do grupo de economistas.

Ao considerar o processo produtivo como algo suficiente em si a economia entende que a natureza não é importante, e mais, considera ser os seus recursos facilmente substituídos pelo desenvolvimento tecnológico, ou pela mudança de tecnologia. Georgescu-Roegen (2012) explica, por sua vez, que as novas tecnologias necessitam de insumos naturais para a sua produção[107], mesmo que sua função seja produzir itens substitutos aos mesmos bens naturais – ou seja, o homem não é capaz de produzir, do nada, matéria e energia, sendo, para tanto, totalmente dependente da natureza.

O autor também é responsável por trazer o conceito de entropia, próprio da termodinâmica, para a economia. Para Georgescu-Roegen[108] (2012, p. 81) entropia é definida como "[...] um índice da quantidade de energia não utilizável contida num dado sistema termodinâmico num determinado momento de sua evolução". O autor explica que existem dois tipos de energia: a *utilizável* ou *livre*, como aquela presente no petróleo, passível de ser transformada em trabalho; e a energia *não utilizável* ou *ligada*, como aquela contida num carvão já queimado. O nosso sistema econômico tende a transformar energia utilizável em não utilizável continuamente, ou baixa entropia em alta entropia. Em outras palavras: "Todas as formas de energia são gradativamente transformadas em calor, e o calor, afinal, torna-se tão difuso que o homem não pode mais utilizá-lo (GEORGESCU-ROEGEN, 2012, p. 81)".

Quando esta ideia é extrapolada para o meio ambiente percebemos que o os recursos estão sendo utilizados e transformados em resíduos não passíveis de reuso ou reciclagem, a menos que se dispenda considerável quantidade de energia para isso - energia que também é dissipada e que não poderá ser reutilizada, principalmente aquelas provenientes de combustíveis fósseis. Por isso o autor diz que o

---

e saídas (*outputs*). Os sistemas abertos trocam matéria e energia regularmente com o meio ambiente ou outros sistemas, adaptando-se constantemente às condições do ambiente. A adaptação constante torna os sistemas abertos não-previsíveis" (MOTTA; AGUILAR, 2009, p. 96).

[107] Um exemplo sobre este assunto discutido por Luiz Marques (2015) trata da questão da substituição do petróleo por painéis solares. Para a produção de painéis solares suficientes para atender a nossa atual demanda por energia será necessário utilizar toda a reserva de petróleo ainda existente.

[108] Georgescu-Roegen, ao tratar da entropia, retoma as ideias de Sadi Carnot, físico, matemático e engenheiro mecânico francês, precursor da segunda lei da termodinâmica, de 1824. Georgescu-Roegen retomou seu pensamento e aplicou a ideia de entropia à economia.

processo econômico transforma "matéria-energia" de baixa entropia em alta entropia – ou "[...] a matéria energia absorvida pelo processo econômico é num estado de *baixa entropia* e sai num estado de *alta entropia*" (GEORGESCU-ROEGEN, 2012, p. 57).

Diante deste cenário, medidas que economizam recursos através da eficiência produtiva em nada colaborariam para a manutenção dos meios necessários para a sobrevivência humana, tal como a conhecemos, a longo prazo mesmo diante da redução da população. Seria possível apenas prolongá-la, sendo a extinção da espécie o futuro humano. Neste sentido, o autor é descrente de proposições como desenvolvimento sustentável e da efetividade de propostas de decrescimento, crescimento nulo ou o estado estacionário – aqui, reforça que estes modelos econômicos apenas prolongariam a existência humana, o que, para ele, é extremamente válido.

Georgescu-Roegen (2012) ainda defendeu que o atual sistema econômico tem a natureza apenas como um dos seus recursos, quando na verdade a economia seria uma parte do meio ambiente. Explica que o ser humano, ao longo de sua história, foi o único animal a criar instrumentos exossomáticos, extensões de seu corpo utilizados para aumentar-lhe a potência. E que estes instrumentos, para existirem, apoiaram-se em três fontes de baixa entropia: 1) a energia livre recebida pelo sol que se transforma em energia armazenada em plantas, e que será alimento para todos os animais; 2) a energia livre depositada em recursos minerais; e 3) as estruturas materiais ordenadas e armazenadas nas entranhas da Terra passíveis de serem utilizadas para a produção de bens necessários ao conforto humano. Neste sentido, o homem seria um ser bioeconômico, não apenas biológico ou econômico, tendo a sua existência penhorada aos recursos ambientais, esgotados e deteriorados sob a falsa proteção dos mecanismos de mercado, onde seria possível estabelecer um equilíbrio no consumo dos recursos baseado no princípio da oferta e da procura.

O autor conclui que a atual geração não irá defender a existência de outra geração à custa da sua – talvez as mais próximas, de seus filhos e netos. Sendo assim, é necessária uma reeducação social para a simpatia com os seres humanos do futuro, a introdução de mecanismos que alterem o consumo excessivo e reduzam a velocidade de esgotamento dos recursos materiais e energéticos. Também defende regulações quantitativas para o uso de recursos e para a emissão de poluição.

No que diz respeito à Bioeconomia, um programa bioeconômico mínimo teria os pontos apresentados no Quadro 5:

Quadro 5 – Objetivos de um programa bioeconômico.

Proibir a guerra e a fabricação de instrumentos bélicos reduzindo a mortandade em massa por meio de armas aperfeiçoadas, liberando forças de produção para serem utilizadas em **países necessitados**;

Dar a todos a oportunidade de aumentar sua qualidade de vida, principalmente para a população das nações subdesenvolvidas. Isso seria possível através da exploração consciente dos recursos ambientais, aplicados para suprir necessidades básicas, e não ao **luxo**;
Reduzir a população progressivamente até um nível onde a agricultura orgânica seja **suficiente** para alimentá-la;
Usar **cuidadosamente** a energia evitando todo o tipo de desperdício, criando regulamentações para aquecimento, climatização, iluminação; e migrar para a matriz energética baseada em energia solar;
Deixar de consumir "engenhocas extravagantes", como carrinhos de golfe, forçando os fabricantes a pararem de produzir;
Abandonar a moda, e assim o consumo impulsivo e o descarte de bens ainda passíveis de utilização;
Aumentar a durabilidade de bens já duráveis, e projetá-los para que possam ser reparados. Este aspecto contribuiria para o surgimento de novos tipos de serviços;
Fugir da lógica do "ciclódromo do barbeador elétrico" (barbear-se mais depressa a fim de ter mais tempo para trabalhar num aparelho que barbeia mais rápido ainda) liberando o tempo para o lazer suficiente e de qualidade.

Fonte: Georgescu-Roegen, 2012 [1968].

É importante destacar que premissas como estas colocadas por Georgescu-Roegen são apenas um roteiro básico de ação e carecem de medidas, além de intensa discussão social. Afinal, o que é luxo, suficiente, necessidade e cuidado para alguns pode não o ser para os outros.

O decrescimento por Serge Latouche

De acordo com Asara *et al*. (2015), as primeiras discussões sobre o decrescimento foram apresentadas por André Gorz logo após o Relatório "Os limites do crescimento", no início da década de 1970, sendo retomadas e reforçadas em 2002 durante um debate promovido pela UNESCO, a Conferência "*Défaire le développement, refaire le monde*[109]", em Paris, ganhando projeção internacional em 2003 em colóquios específicos sobre o tema. O conceito foi incorporado aos dicionários das ciências sociais a partir de 2006 (KALLIS; DEMARIA; D'ALISA, 2016; LATOUCHE, 2010).

Serge Latouche (1940) é economista, filósofo francês e um dos principais defensores do decrescimento. Os argumentos de Latouche valorizam as discussões de Georgescu-Roegen, principalmente sobre a questão da finitude dos recursos naturais, do despropósito do consumismo e a impossibilidade do crescimento econômico infinito. Em conjunto com outros pensadores, propõe um projeto alternativo ao de desenvolvimento sustentável e ao do desenvolvimento corrente.

Para a formulação de suas ideias, o autor se apoia em pensadores importantes que desde a década de 1960 vinham questionando a sociedade de consumo e as suas bases (o progresso, a ciência, a técnica) e a crise do meio ambiente (LATOUCHE, 2009). Entre eles, cita principalmente Ivan Illich e Cornelius Castoriadis, sem deixar de lado Andre Gorz, François Partant, Jacques Ellul, Bernard Charbonneau. A discussão posta por estes autores deixou claro que uma sociedade do crescimento nunca seria

[109] Traduzindo livremente: "Desfaça o desenvolvimento, refaça o mundo".

sustentável. É importante dizer que existem diferenças nas abordagens sobre o decrescimento entre os autores citados, sendo um dos aspectos a própria discussão sobre o papel da tecnologia (ver KERSCHNER et al., 2018). No entanto, todos se reúnem sobre a bandeira do decrescimento e defendem a necessidade do diálogo entre as diferenças.

Decrescimento, que não é o inverso simétrico de crescimento, é um projeto político de caráter revolucionário, de implicações teóricas, que tem como aporte a necessária mudança cultural, mas também das estruturas jurídicas e das relações de produção (LATOUCHE, 2009, 2010). Pressupõe novas maneiras de se organizar e de viver socialmente. Seria uma proposta avessa à demagogia produtivista e desenvolvimentista refutando, portanto, o sistema capitalista. Se coloca, assim, enquanto uma crítica ao atual modelo econômico que tem como meta o crescimento pelo crescimento (crescimento da produção, do consumo, da geração de resíduos, da destruição ilimitada, do ritmo de trabalho) visando a acumulação ilimitada e desigual de capital.

Latouche (2009, 2010) alerta para a falsa sensação de bem-estar decorrente do consumismo e aponta dados importantes mostrando que ele não tem conseguido dar conta de questões humanas importantes, como a convivência, o lazer, o descanso, contribuindo para o aumento do número de pessoas deprimidas e como outras doenças psicológicas. Para ele, a publicidade deveria ser taxada pesadamente, ou proibida, principalmente quando trata de produtos destinados às crianças.

O decrescimento propõe que ganhos em produtividade sejam revertidos em redução do tempo de trabalho e aumento do tempo de lazer, de forma a permitir um reencantamento com a vida. Trata-se de reduzir o ritmo de trabalho produtivo liberando tempo para o desenvolvimento de outras potencialidades humanas. Para o autor, o decrescimento não seria uma alternativa, mas uma matriz de alternativas para reabrir espaços para a criatividade hoje escrava do trabalho. Por isso a importância que dá ao que é local, próprio de cada região ou cultura. Cada comunidade teria a liberdade de repensar maneiras de atender às suas necessidades básicas, ou mesmo defini-las, refutando, para isso, as pressões colocadas pela necessidade de circulação de mercadorias.

Além disso, para Latouche (2009, 2010), a proposta de projeto alternativo de sociedade almeja encontrar um limite onde seja possível a prosperidade sem o crescimento, o que chama de abundância frugal. A “autolimitação” (do consumo, produção, extração de recursos, geração de resíduos, poluição) propiciaria voltar a um nível de produção mais compatível com a reprodução dos ecossistemas, sua capacidade de suporte. A mudança cultural necessária seria baseada na questão da simplicidade voluntária decorrente da incorporação dos oito objetivos do decrescimento: reavaliar, reconceituar, reestruturar, redistribuir, relocalizar, reduzir, reutilizar, reciclar. Se implementados, eles contribuiriam para um círculo virtuoso de mudanças, desencadeando o que chamou de decrescimento sereno.

Os 8 R's propostos por Latouche (2009) são apresentados no Quadro 6:

Quadro 6 – Oito objetivos para a sociedade do decrescimento.

1) Reavaliar: propõe reavaliar os valores sociais escolhendo o altruísmo no lugar do egoísmo, a cooperação ao invés da competição, o prazer no lugar do trabalho, a vida social em detrimento ao consumo ilimitado, o local ao invés do global, a inserção harmoniosa na natureza e não a sua dominação;
2) Reconceituar: tendo em vista os novos valores, o passo seguinte seria apreender a realidade de outra maneira, e assim, alterar as bases das escolhas sociais;
3) Reestruturar: o aparelho produtivo e as relações sociais em função da mudança de valores, tendo como meta a saída do sistema capitalista;
4) Redistribuir: as riquezas e o acesso ao patrimônio natural, extraindo menos recursos naturais;
5) Relocalizar: as decisões políticas, econômicas e sociais de modo a suprir necessidades essenciais localmente;
6) Reduzir: o consumo de recursos (materiais, energéticos, humanos);
7) Reutilizar todos os bens produzidos, o máximo de vezes possíveis;
8) Reciclar todos os bens possíveis, aumentando sua vida útil, reduzindo necessidade de novas explorações ambientais.

Fonte: Latouche (2009).

Estes oito pontos dão suporte programa do decrescimento sereno, apresentado no Quadro 7:

Quadro 7 – Aspectos que caracterizam um programa de sociedade do decrescimento sereno.

Resgatar uma pegada ecológica compatível com um único planeta, ou seja, reduzir a produção em 75% (igual à da década de 1960 – 1970). Isso seria possível evitando consumos intermediários, como transporte de coisas que podem ser produzidas localmente, energia, embalagens, publicidade. Inclui a redução do desperdício e da necessidade de bens inúteis – seria a autolimitação do consumo e da exploração ambiental;
Integrar, nos custos de transporte, os danos gerados por esta atividade, instituindo e aplicando taxas;
Relocalizar as atividades de modo a reduzir a necessidade de deslocamento de homens e de mercadorias;
Restabelecer a agricultura camponesa, intensiva em trabalho (geradora de empregos), local, sazonal, natural e tradicional;
Transformar os ganhos de produtividade em redução de tempo de trabalho ampliando, em conjunto, o número de vagas de emprego;
Impulsionar a "produção" de bens relacionais como amizade e conhecimento;
Reduzir o desperdício de energia por um fator de quatro;
Taxar pesadamente despesas em publicidade, ferramenta de estímulo ao consumismo;
Decretar uma moratória sobre a inovação técnico-científica de modo a reorientar as linhas de pesquisa – considerando os novos valores;
Taxar ou controlar a obsolescência programada e a geração de crédito;

Fonte: Latouche (2009).

A Economia Estacionária por Herman Daly

Herman Daly (1938) é economista ecológico, norte-americano, aluno de Georgescu-Roegen e fortemente influenciado por ele. É a favor do desenvolvimento, mas não do crescimento da economia, por isso a defesa a uma Economia de Estado Estacionário (EEE). O estado estacionário não significa um estado de estagnação. Seu objetivo é alcançar um desenvolvimento qualitativo e frear o

desenvolvimento quantitativo – consumidor de recursos naturais, sociais e energéticos. Pressupõe melhorar as condições sociais sem aumentar a produção, respeitando os limites físicos do planeta (DALY, 2010, 2012). Em suas palavras:

> Em economia ecológica, tendemos a fazer uma distinção entre crescimento e desenvolvimento. Crescimento é um aumento na produção e na utilização física de recursos. É quando alguma coisa cresce fisicamente em termos de matéria e energia. Desenvolvimento, de outro lado, é qualitativo. É quando as coisas ficam melhores. Você pode ter tecnologias melhores e produzir a mesma quantidade de coisas para entregar mais bem-estar e mais satisfação. Em economia ecológica, estamos a favor do desenvolvimento, mas não de aumentar a produção para desenvolver, porque é o crescimento que causa os problemas ecológicos (DALY, 2010, entrevista).

O autor afirma que atualmente a expansão quantitativa do sistema econômico tem provocado o aumento dos custos sociais e ambientais, estes muito maiores que os da rentabilidade econômicas advindas, contribuindo para o que chama de "crescimento deseconômico". Os custos não contabilizados, por sua vez, são compartilhados coletivamente, como é o caso da poluição, da degradação do meio ambiente, do esgotamento de recursos ambientais importantes. Já os ganhos do crescimento estão cada vez mais concentrados nas mãos de poucos, não contribuindo para a redução da pobreza ou uma maior equidade social (DALY, 2010).

Para que uma economia de estado estacionário seja possível, de acordo com o autor e alicerçado no pensamento de John Stuart Mill, seria fundamental que houvesse "[...] taxas de população e capital disponíveis constantes, sustentadas por uma baixa taxa de fluxo metabólico mantida dentro dos limites da capacidade regenerativa e assimilativa do ecossistema[110]" (DALY, 2012, p. 46 – tradução nossa). Para tanto, seria necessário: 1) estabilizar as taxas de natalidade e imigração em relação às taxas de mortalidade e emigração a fim de manter a população constante; e 2) reduzir a taxa de transumo (ciclo de extração – transformação – consumo - descarte) mediante redução da taxa de produção física e aumento da durabilidade dos produtos (DALY, 1974).

O Quadro 8 lista outros pontos a serem considerados por um programa de Economia de Estado Estacionário (EEE):

Quadro 8 – Aspectos de um programa de economia de estado estacionário.

Produzir bens com maior durabilidade gerando emprego em serviços de manutenção – a circulação de dinheiro se daria através do trabalho, e não por meio de uma nova produção. Atividades de manutenção e reparação exigem profissionais mais bem qualificados (exige acesso ao conhecimento) e, por isso, são trabalhadores menos descartáveis ou substituíveis;
Frear o crescimento quando seus custos são equivalentes aos seus benefícios. Por isso, o PIB deveria ser requalificado, além de estabilizado. O PIB é um indicador de fluxos físicos, mas poderia continuar a crescer mediante estratégias de desmaterialização da economia;

[110] Do texto original: *"Siguiendo a Mill, podríamos definir una EEE como una economía con tasas de población y capital disponible constantes, sostenida por una tasa baja de flujo metabólico que se mantiene dentro de los límites de las capacidades regenerativas y asimilativas del ecossistema"*.

Compartilhar, gratuitamente, o conhecimento entre as diferentes nações. O conhecimento compartilhado tem o poder de multiplicação e não deveria estar sendo concentrado como se fosse um recurso escasso;
Instituir taxas (ecotaxas) para a extração de recursos ambientais de modo a forçar a melhoria do sistema produtivo e economizar em fatores limitantes do capital natural, como a água, o petróleo e o ar livre de poluição para as gerações do presente e do futuro;
Criar um sistema de redistribuição de renda a partir da instituição de renda mínima e renda máxima, limitando as desigualdades – seria algo como uma "desigualdade justa" (DOWBOR, 2020);
Instituir o fim do livre comércio internacional através de sua regulação. Quando os países produzem seguindo a sua vocação natural, e não aos interesses do mercado, isso lhes proporciona uma vantagem comparativa, pois são capazes de utilizar e dispor do que há de mais abundante e barato no país. Também importante é abandonar a livre circulação de capital entre os países, de modo a reduzir a exploração ambiental e social dos países mais pobres e a evasão de recursos para os países mais ricos. Outra solução seria instituir tempo de permanência de capital estrangeiro nos países aplicando impostos sobre transações internacionais;
Devolver aos governos o controle sobre o dinheiro, hoje concentrado e gerido por bancos privados, assim como o controle sobre recursos naturais esgotáveis;
Reduzir a jornada diária de trabalho de modo a liberar tempo para a realização de outras atividades sociais;
Desenvolver tecnologias amparadas no uso de recursos renováveis. Enquanto isso não for possível, equiparar a velocidade do consumo de recursos não renováveis com o desenvolvimento de novas tecnologias;
Repensar a relação da tecnologia[111] com a economia, o meio ambiente e a reprodução material da sociedade.

Fonte: Daly (1974, 2010, 2012); Farley (2016).

O Bem Viver

A proposta do Bem Viver é contra a ideia de desenvolvimento associada ao crescimento e é anticapitalista ao refutar a ideia de progresso como sinônimo de acúmulo material. É, portanto, contrária ao consumismo. No que diz respeito à produção, defende que ela seja baseada na suficiência e na sua justa distribuição para toda a sociedade. Advoga, assim, pela valorização do valor de uso, não o de troca, e pela necessidade de retornarmos a uma sociedade sociobiocêntrica, onde o homem e a natureza são sujeitos de direito e convivem de maneira harmoniosa.

O desenvolvimento de novas tecnologias deve assumir uma visão mais global de sua função e dos seus reais resultados, o que inclui o entendimento de seus diferentes tipos de impactos (positivos e negativos). Na posição de Gudynas (2011), o Bem Viver não refuta a importância da tecnologia, mas defende que ela deva incluir outras fontes de conhecimento para além dos técnico-científicos, sempre assumindo uma postura de precaução. Além disso, a tecnologia deve atender a propósitos distintos dos atuais.

[111] Nas palavras de Daly (2010): "Quanto à complexidade, o que está ficando cada vez mais complexo é crescer. Usinas nucleares são muito complexas, extração de petróleo em profundidade é muito complicado. Estamos desenvolvendo sistemas extremamente complexos para continuar a crescer. Acredito que isso vai nos empurrar para os limites. Claro que temos uma devoção quase religiosa a nossa capacidade criativa, à ideia de que a ciência e a tecnologia podem fazer qualquer coisa. Mas, se você pensar, a razão pela qual a ciência e a tecnologia são tão impressionantes é precisamente porque elas não tentam fazer o que é impossível e respeitam leis básicas. Você não pode criar matéria e energia do nada, essa é a primeira lei da termodinâmica. Você não pode ter máquinas com movimento perpétuo, essa é a segunda lei. A economia precisa colocar em suas premissas básicas a primeira e a segunda leis da termodinâmica e reconhecer que há limites para a economia no mundo físico. Tecnologia não vai mudar a primeira e a segunda leis da termodinâmica".

De acordo com Acosta[112] (2016), o Bem Viver é uma reconstrução utópica do futuro a partir de uma visão andina e amazônica onde comunidade, solidariedade, reciprocidade, diversidade e pluralismo são palavras-chaves e se tornam reais através do exercício horizontal do poder – ou seja, instituindo "[...] espaços comunitários como formas ativas de organização social" (ACOSTA, 2016, p. 26). Surgiu na América Latina como resposta ao colonialismo que impera até os dias de hoje e toda a dependência resultante disso. Mas não se basta neste território.

Trata-se de uma alternativa ao desenvolvimento monocultural, a ser construída localmente e coletivamente. Por isso não institui uma solução única para todos os grupos de pessoas, o que seria contra a sua própria lógica. É uma proposta ainda em construção que busca romper com o pensamento ocidental hegemônico e, desta forma, instituir a harmonia e o equilíbrio entre seres humanos e natureza, combater todos os mecanismos que geram desigualdades, redistribuir as riquezas e o poder, e instituir a equidade enquanto proposta social.

As experiências relacionadas ao Bem Viver[113] estão retomando algumas práticas já conhecidas: cooperativismo e associativismo; economia solidária; autogestão e empoderamento feminino e de comunidades; produção agrícola familiar e propostas de outras formas de manejar a terra, como o sistema agroflorestal; valorização dos saberes tradicionais, de culturas crioulas. O desafio que se coloca é como instituir um estado pluridimensional e multicultural capaz de respeitar e adotar as múltiplas possibilidades. Para os defensores do Bem Viver isso seria possível apenas fora do sistema capitalista, e não como uma ruptura drástica, mas enquanto um caminho a ser percorrido em busca de outras alternativas à ideologia do progresso material (GUDYNAS, 2011).

2.3. Considerações para a discussão de TCBC

Há, nas discussões apresentadas, o recorrente apelo a uma mudança de organização social e do sistema econômico. Destaca-se, contudo, que apesar da importância da arquitetura e da construção civil é pouco provável que uma mudança de tal amplitude seja promovida por este campo. Cabe aos profissionais e pesquisadores envolvidos, no entanto, entender o cenário global e buscar direcionar suas atuações de

---

[112] Alberto Acosta é apenas um dos teóricos do Bem Viver. Ele é político e economista equatoriano, ex-presidente da Assembleia Constituinte do Equador.

[113] Os exemplos práticos relacionados ao Bem Viver mostram a transferência de conhecimentos diversos para populações de baixa renda, principalmente na Amazônia, em relação ao cultivo e à geração de renda. Também, experiências de economia solidária. Produção familiar agrícola – autonomia – outras formas de manejar a terra; associações, sindicatos, representatividade, resgate a antigas tradições, como a preservação de sementes crioulas; ensino e aprendizagem – troca de conhecimentos; emancipação e empoderamento feminina; autonomia e cooperação entre comunidades; conviver com os distintos; democracia de consensos – mandar obedecendo; comunidades tradicionais, sistemas agroflorestais, entender qual é o objetivo da vida com base em nossos ancestrais; estado pluricultural; abandono do sentido do bem comum;

forma a promover pequenas mudanças e instituir novas práticas. Por isso, a importância de se partir de um entendimento mais complexo do setor dentro das diferentes instituições sociais – uma visão sistêmica, ou holística da construção civil, posto que as decisões concernentes ao setor derivam da estrutura social existente.

Alguns pontos discutidos pelas teorias econômicas se relacionam diretamente ao campo de decisões da construção civil, resumidos e reelaborados no Quadro 9:

Quadro 9 – Ações propostas pelas teorias econômicas pertinentes à construção civil.

1) Projetar e construir edificações duráveis (passíveis de manutenção), utilizando os diferentes recursos (materiais, energéticos e humanos) de maneira eficiente, evitando desperdícios. Edificações duráveis influenciam diretamente na redução da taxa de transumo (ciclo de extração – transformação – consumo - descarte) e, portanto, nas emissões de CO_2;
2) Priorizar a escolha de recursos locais, em geral abundantes e mais baratos, promovendo a economia local, evitando transportes extensivos e a emissão de gases relacionados;
3) Priorizar a escolha e o uso de recursos ambientais renováveis, seja material ou energético, bem como os recicláveis e reciclados;
4) Evitar materiais e processos (produtivos e construtivos) com alta carga de poluição, toxicidade e geração de resíduos;
5) Optar pelo uso de técnicas construtivas próprias da cultura local a fim de fortalecer as características peculiares de cada região, refutando a ideia de modelo universal, monocultural. Além disso, priorizar processos de projeto e tecnologias construtivas que permitam a reutilização e / ou reciclagem da edificação e suas diferentes partes, possibilitem a participação dos diferentes agentes e sejam facilmente apropriáveis pelo trabalhador;
6) Utilizar dispositivos geradores de energia renovável em conjunto com dispositivos economizadores de energia, com o fim de atingir eficiência energética e reduzir a emissão de gases associados;
7) Aplicar, para a construção e manutenção das edificações, trabalho intensivo em detrimento ao capital intensivo por meio de técnicas construtivas apropriáveis aos trabalhadores;
8) Tendo em vista a maior durabilidade das edificações, promover a formação de mão de obra para serviços de manutenção e reparação;
9) Instituir novas formas de organização do trabalho baseadas em práticas mais horizontais de decisão, ou o exercício horizontal do poder;
10) Refutar o desnecessário, evitando retrabalho, sobreposição de etapas construtivas para “esconder” serviços mal executados;
11) Pensar e propor soluções considerando a análise pluridimensional da sustentabilidade;
12) Instituir novas práticas através de códigos de obras, legislações construtivas, aplicação de taxas, etc.;
13) Entender a natureza enquanto sujeito de direito, não apenas como fonte de exploração; compreender que seus recursos são finitos e a sua recomposição incompatível com a velocidade de sua exploração.

Fonte: Autora (2021).

Diversos pontos apresentados aqui são bastante discutidos pela arquitetura, como veremos no próximo capítulo, mas a questão do trabalho é algo pouco presente. Na verdade, quando se trata da discussão sobre o trabalhador, hoje predomina no Brasil o argumento de que não existe mão de obra qualificada no setor – qualificar mão de obra é um dos objetivos do PBQP-H, como vimos no capítulo anterior. Este

tem sido um dos argumentos, inclusive, para o desenvolvimento de novas tecnologias construtivas ditas "industrializadas" – onde o trabalhador é apenas uma peça a mais no processo produtivo.

O fato é que, no Brasil, a mão de obra empregada em grandes obras sempre foi numerosa, de baixa qualificação e de baixo custo e isso não era algo combatido pelo mercado até o setor da construção civil tornar-se um campo atrativo para investimentos, como nos conta a história[114]. Trabalhador qualificado é mais caro, não sendo do interesse de um mercado direcionado para a maximização dos lucros investir em educação universal ou mesmo educação profissionalizante. O que se percebe é a substituição de trabalhadores por tecnologias baseadas em gestão. Esta tendência à substituição do saber do trabalhador por processos produtivos altamente controlados e planejados é resultado da busca sempre constante do aumento da produtividade, redução dos custos e aumento da lucratividade, como discutimos no capítulo anterior.

Se o trabalho intensivo é proposto, é importante ressaltar que não se trata de precarizar ainda mais a função deste profissional tão fundamental. O campo da construção civil é caracterizado pelo trabalho pesado, manual e com esforço físico excessivo, o que pode ser modificado mediante artifícios que diminuam a carga e reduzam os esforços do trabalhador. E, ainda, que este profissional tenha o domínio da técnica e seja novamente senhor de suas ferramentas - seria algo como "empoderar" o trabalhador, devolvendo-lhe a autonomia[115].

Neste sentido, desenvolver novas tecnologias construtivas que envolvam o profissional qualificado, pressupõe a capacitação de profissionais, seja através do aprender em canteiro ou por meio de cursos técnicos. Tão importante quanto, é prover o trabalhador de uma educação voltada a questões gerais, como os resultados do seu trabalho para a contribuição ou não para o aquecimento global, o impacto ambiental da construção, por exemplo, e sobre questões específicas do seu trabalho, como o funcionamento global de uma edificação e as suas diferentes partes. Por fim, é fundamental o acesso do trabalhador às ferramentas básicas de trabalho em termos de custo e de utilização.

Edificações duráveis, como discutido no texto, cria a demanda por profissionais mais bem qualificados para serviços de manutenção, reparação e reforma, pois estes serviços exigem uma gama maior de conhecimentos. E como nos explica Daly (2012), são serviços de esfera local, não podem ser transferidos entre regiões em função do desejo de aumento de lucro, como a tendência de *offshoring* industrial.

Considerar aspectos como ferramentas simples e acessíveis, emprego de trabalhador qualificado, uso de materiais de menor impacto, ou mesmo reciclados / recicláveis, produtos resultantes de processos e

[114] Ver os trabalhos de Shimbo (2010), Baravelli (2015), Farah (1996).
[115] Ver os trabalhos Diederichsen (2012, 2018) sobre a formação do trabalhador no canteiro de obras.

recursos locais, novas formas de organização do trabalho, exclusão de etapas desnecessárias são pontos de partida para o desenvolvimento de uma tecnologia. Ou seja, uma nova tecnologia para a proposição de um outro produto parte de premissas como essas elencadas, tratando-se de uma escolha conscientemente direcionada.

Por fim, é importante considerar as condicionantes (Quadro 10) que interferem, potencializando ou não, as ações indicadas no Quadro 9, as quais estão para além do setor da construção civil, mas que são recorrentemente discutidas pela revisão bibliográfica apresentada:

Quadro 10 – Pontos discutidos pelos autores e pelas teorias apresentadas que transcendem o caráter prático da construção, mas o influenciam diretamente.

A necessária ação do Estado: qualquer alteração no modo de construir, de produzir o ambiente construído, demanda enormes esforços sociais e eles não serão postos em prática sem o incentivo e o apoio do Estado, por meio de legislações, códigos de obra, fiscalizações ou financiamento – políticas públicas. Um exemplo seria a instituição de ecotaxas, o uso obrigatório de resíduos da construção, o incentivo a novos modos de uso da terra, materiais e de relações de trabalho. Ações voltadas à educação e a uma mudança cultural também competem ao Estado. Mas, para que isso seja possível, se faz indispensável repensar ou mesmo reconstruir o Estado e a sua função.
A necessária participação social: a participação social nas decisões, quando plural, possibilita vislumbrar outras possibilidades e soluções, como aquelas que respeitam e potencializam características e culturas locais;
A educação voltada para uma mudança cultural: é necessário difundir e introjetar que o modo de organização social para a reprodução material da vida está colapsando suas próprias bases, principalmente o equilíbrio da biosfera, o que coloca em risco todas as espécies existentes, principalmente aquelas mais frágeis. Agir contra o consumismo e a obsolescência programada, bases da economia do crescimento, contra o trabalho alienante e escravocrata, repensar nossa interação com o mundo (com base nos 8 R's de Latouche) é fundamental e possível apenas mediante educação e conscientização social.
Uma educação focada em compartilhar e difundir conhecimentos: como coloca Daly, o conhecimento compartilhado tem o poder de multiplicação, não deve ser encarado enquanto um recurso escasso disponível apenas a alguns. Além disso, apesar do movimento monocultural, existe uma enorme diversidade de práticas, costumes, povos. Resgatar culturas, dar voz e visibilidade, só tende a enriquecer o conjunto de conhecimentos humanos, e assim, ampliar suas possibilidades de interação com o mundo.
A necessidade de ampliação do entendimento sobre o custo: quase todas as decisões concernentes ao modo de produzir passa pelo crivo do economicamente viável. Mas o economicamente viável é uma medida falaciosa, prezando apenas pelos custos de produção, sem considerar custos sociais, ambientais, culturais envolvidos, seja a médio ou a longo prazo. Despreza ainda, os custos do ciclo de vida daquilo que se produz (aquisição, construção, operação, manutenção, reabilitação, demolição e descarte), no caso da construção civil. Incluir os demais custos na composição do custo final de uma edificação seria um meio para alterar a sua concepção, já que muitas das soluções passariam a ser economicamente inviáveis;
A necessidade de um entendimento sistêmico dos efeitos das nossas decisões: aqui é bastante pertinente a abordagem proposta por Sachs sobre a pluridimensionalidade da sustentabilidade. As ações necessárias para dar suporte à construção civil impactam diretamente o meio ambiente, a sociedade e a economia, e por isso devem ser pensadas considerando todos os seus resultados, positivos e negativos. Precisamos avançar rumo a transdisciplinaridade como forma de atuar.

Fonte: Autora, 2022.

Estes apontamentos referentes ao desenvolvimento sustentável realizados por meio de uma literatura sobre ciências econômicas devem ser contemplados pelo conceito de TCBC. Como veremos no próximo

capítulo, vários deles são parte da discussão da sustentabilidade realizada pela construção civil. Ainda assim, faz-se necessário entender este percurso e considerar outros pontos importantes.

CAPÍTULO 3: A discussão da sustentabilidade na arquitetura e construção

"Qualquer que seja sua ideia de si e qualquer que seja a medida (ou desmesura) de sua pretensão, científica ou religiosa, o homem só existe porque está ligado umbilicalmente a tudo o que não é ele" (MARQUES, 2018, p. 528).

O objetivo deste capítulo é apresentar as principais discussões sobre sustentabilidade empregadas pela arquitetura e construção, assim como suas potencialidades, fragilidades e insuficiências. Parte do mapeamento histórico desta discussão nos fóruns mundiais e analisa as principais estratégias utilizadas para balizar a prática. Por fim, buscando articular a arquitetura e as discussões colocadas pela revisão sobre o desenvolvimento sustentável, apresenta e analisa estratégias de projeto e construção baseadas no "projeto para a continuidade", termo a ser explicado no texto.

3.1. Breve histórico da sustentabilidade na arquitetura e construção e suas balizas

A discussão sobre os impactos das construções e a sua dependência por recursos ambientais, como o petróleo, já figurava desde a década de 1960. Contudo, a crise do petróleo da década de 1970 reforçou e ressaltou a dimensão desta dependência, principalmente em países do hemisfério norte onde sistemas de calefação são imprescindíveis no inverno (KIBERT, 1994). Também colocou em xeque muitas edificações construídas em aço e vidro, prédios altos e envidraçados, tidos como símbolos do avanço tecnológico do setor, mas totalmente dependentes de circulação mecânica de ar. Sem energia estas edificações deixavam de funcionar e os espaços destinados ao trabalho ou ao lazer passaram a ser considerados ameaças à integridade humana[116] (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009).

Neste contexto, pesquisadores e profissionais voltaram seus esforços para o projeto de edificações energeticamente eficientes, retomando as estratégias passivas de conforto ambiental empregadas historicamente. Um marco foi a publicação do livro de Victor Olgyay, *Design with Climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*, em 1961, sobre arquitetura bioclimática. Desde então muitos

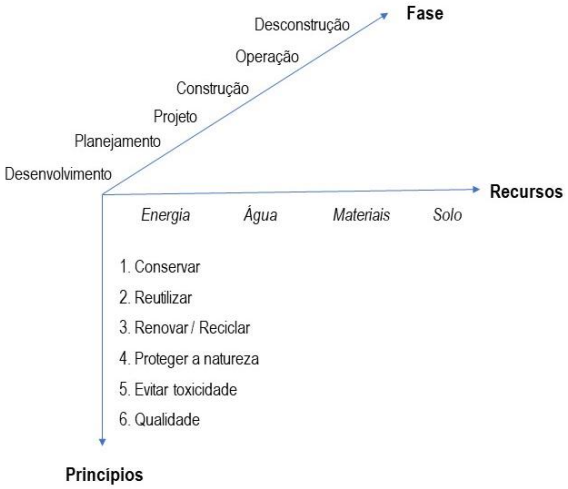
[116] Além da ausência da renovação do ar, a falta de energia elétrica em edificações altas também dificulta o deslocamento de pessoas, principalmente de idosos e portadores de deficiências motoras.

trabalhos foram desenvolvidos tendo o conforto ambiental e a eficiência energética como tema principal da chamada arquitetura sustentável.

Na Rio 92 foi reforçada[117] a discussão sobre a Arquitetura Ecológica, ampliando as preocupações ora centradas na eficiência energética para os demais impactos da construção civil, principalmente aqueles referentes ao consumo de recursos (materiais, energéticos, água etc.) e à geração de resíduos (AGOPYAN; JOHN, 2011). Neste encontro discutiu-se a dimensão deste consumo, o qual, como visto na introdução desta tese, é enorme e crescente, e determinou-se a construção de uma agenda específica.

A "Agenda 21 para a construção sustentável" (CIB,1999) foi o primeiro documento oficial criado em âmbito mundial para direcionar o setor, um guia base para o desenvolvimento de posteriores agendas locais. Ela estabeleceu que os critérios de sustentabilidade deveriam promover ações voltadas a evitar a depredação dos recursos naturais e do meio ambiente. Colocou como recursos a serem preservados a energia, a água, os materiais e o solo e definiu seis princípios básicos para nortear a concepção e o desenvolvimento do projeto, a saber: 1) minimizar o consumo dos recursos; 2) maximizar o reuso dos recursos; 3) utilizar recursos recicláveis ou renováveis; 4) proteger o ambiente natural; 5) criar um ambiente saudável e não-tóxico; e 6) buscar a qualidade na construção do ambiente construído (KIBERT, 1994). Os princípios deveriam ser atendidos em todas as fases da edificação (do desenvolvimento do projeto até a sua desconstrução) de modo a reduzir diferentes impactos em todo o seu ciclo de vida (ver Figura 4).

Figura 4 - Modelo conceitual para construção sustentável – princípios, recursos e fase.



Fonte: Traduzido de Kibert, 1994, p. 11.

[117] O nosso texto tem como intenção reforçar algumas datas importantes na história da arquitetura sustentável. Já se projetava utilizando estratégias passivas de conforto ambiental antes da crise do petróleo e vários arquitetos modernistas são exemplos disso. O mesmo podemos dizer sobre soluções que reduzissem os impactos da produção das edificações. As datas apresentadas são marcos de uma discussão mais ampliada, e pública, destas preocupações.

Outro documento importante para o setor foi o Protocolo de Kyoto (UNFCCC, 1997), o qual, como já comentado, incluiu a redução nas emissões de gases de efeito estufa como meio para promover o chamado desenvolvimento sustentável. A indústria da construção e os setores que lhe dão apoio foram inseridos nas seguintes categorias:

1) categoria energia: considera a emissão de gases derivados do consumo de combustíveis fósseis para a operacionalização das edificações e para as diversas etapas de transporte de materiais, componentes construtivos, profissionais;

2) categoria processos industriais: computa as emissões próprias da produção e transformação química dos materiais empregados;

3) categoria resíduos: contabiliza as emissões resultantes da disposição e/ou incineração de resíduos sólidos e do tratamento de esgoto.

Tal documento não computa para este setor as emissões decorrentes da alteração do uso do solo, apesar de citar ações de manejo florestal, florestamento e reflorestamento como formas de aumentar os sumidouros e os reservatórios de GEE. Também se verifica a ausência de ações de precaução e redução como, por exemplo, promover ações de preservação de recursos ou florestas, ou rever necessidades produtivas. Sendo assim, entende-se que o texto foi escrito com o objetivo de melhorar a eficiência daquilo que se fazia, e se faz, sem questionar a necessidade do que se faz.

Para o campo da construção civil também é importante citar as Agendas Habitat do Programa da Organização das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (ONU-HABITAT). Apesar deste programa da ONU ter sido lançado em 1978, a definição de sua ação foi elaborada apenas durante sua segunda conferência, a Habitat II, realizada em Istambul no ano de 1996. Desde então, a Agenda trabalha para instituir uma ação global voltada a garantir abrigo adequado para todos e a conformação de um espaço urbano sustentável. A Nova Agenda Urbana, publicada em 2016 durante a Habitat III, reforça a necessidade de repensar a maneira como se vive, constrói e gerencia as cidades para torná-las mais inclusivas e acessíveis, conferindo justiça social por meio da equidade (redução das desigualdades e erradicação da pobreza extrema) e a mitigação dos impactos ambientais da ação humana (ONU, 2019).

Muitas pesquisas estão em desenvolvimento buscando entender e contribuir para este contexto geral de mudança de paradigma, havendo um volume de trabalhos já elevado, visto se tratar de um tema recente e atual. Dentre os assuntos tratados sobre arquitetura sustentável (excluindo aqui o urbanismo) temos

as discussões sobre materiais e sistemas construtivos sustentáveis (desenvolvimento e análise)[118], propostas de metodologias de projeto[119], conforto ambiental e arquitetura bioclimática[120], criação de indicadores[121], análise crítica e conceitual sobre a palavra sustentabilidade[122] e sobre como o conceito pode ser ensinado[123], aplicação e análise de selos verdes e edificações certificadas[124]. Cada abordagem proposta recebe uma denominação, além de suas especificidades: Construção Verde, Edificação Verde, Arquitetura Sustentável, Arquitetura Bioclimática, Arquitetura Ecológica, Arquitetura de Baixo Impacto Humano e Ambiental.

A literatura disponível em livros específicos de arquitetura segue o modelo de guias ou manuais[125], apontando quais aspectos práticos devem ser considerados para se alcançar a tal sustentabilidade. Em geral, fazem recomendações que orientam as escolhas a serem realizadas em todas as etapas do projeto (escolha do terreno, definição de programa de necessidades, estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo), apresentam ferramentas para análise de escolhas, como a Análise de Ciclo de Vida, e dão variados exemplos.

Também é importante considerar todo o material produzido por entidades oficiais, como o CIB (Conselho Internacional de Construção), CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável), AsBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura), para citar apenas alguns, orientando e analisando a produção de arquitetura sustentável, assim como a profusão de blogs e iniciativas independentes como Centros Educacionais para a ecologia aplicada à arquitetura (Tibá Rio de Janeiro, Instituto de Permacultura Ipoema, IPEMA (Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica), Instituto Pindorama, Sem Muros) onde imperam princípios de permacultura, técnicas construtivas vernaculares, bioconstrução, além da prática organizativa centrada em autogestão.

E não podemos deixar de introduzir aqui todo o esforço empreendido na concepção de ferramentas de cunho científico e técnico como Análise de Ciclo de Vida (ACV), Análise de Ciclo de Vida de CO_2 ($ACVCO_2$), Pegada Ecológica, Pegada de Carbono, Pegada Hídrica, pensadas para mensurar e avaliar

---

[118] Sobre materiais, técnicas e sistemas construtivos, ver o trabalho de: TAKANO (2015); MATEUS (2004); SPERB (2000); VIEIRA (2008); BISSOLI-DALVI (2014); CHILETTO (2022);

[119] Sobre metodologia de projeto, ver o trabalho de: ZAMBRANO (2008); MOTTA E AGUILAR (2009), ISOLDI (2007);

[120] Sobre conforto ambiental e arquitetura bioclimática: ver a produção do LABEEE (Laboratório de Eficiência Energética da Edificação, UFSC).

[121] Sobre criação de indicadores, ver o trabalho de: SILVA (2007); YUBA (2001), EGAS (2008), MULFARTH (2002); BARATELLA (2011);

[122] Sobre análise conceitual, ver o trabalho de: CÂNDIDO (2012);

[123] Sobre ensino de sustentabilidade em arquitetura, ver o trabalho de: GONÇALVES E DUARTE (2006); VILLELA (2007);

[124] Sobre selos verdes, ver o trabalho de: FIGUEIREDO (2018); SARAMAGO E LOPES (2019); BUENO, ROSSIGNOLO (2013);

[125] Guias ou manuais, ver os seguintes trabalhos: HEYWOOD (2017); EDWARDS (2013); JOURDA (2013); GAUZIN-MÜLLER (2011); KRUGER e SEVILLE (2016); CORBELLA e YANNAS (2009); ROAF, FUENTES e THOMAS-REES (2014); HALLIDAY (2010).

os impactos da construção e dar subsídios quantificáveis para justificar e orientar novos modos de proceder. Em conjunto com estas ferramentas estão as normas técnicas, como a série da ISO 9000 (gestão de qualidade), a série da ISO 14000 (sobre sistema de gestão e proteção ambiental), especialmente a ISO 14040 e ISO 14044 (sobre avaliação de ciclo de vida). Também é importante ressaltar as diversas ferramentas digitais[126] de avaliação, como a *Athena* (Canadá), *Green Building Digest* (Reino Unido), *Building for Environmental and Economic Sustainability* – BEES (EUA), *Ecoquantum* (Holanda), entre tantas outras, que são utilizadas em conjunto com ACV.

3.1.1. Os selos verdes

A construção de edifícios ditos sustentáveis também é estimulada pela aplicação dos selos verdes, ou sistemas de avaliação de desempenho ambiental das edificações, cuja preocupação centra-se principalmente no uso de recursos (materiais e energéticos), na economia de energia e na redução de resíduos da construção (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003). De acordo com Bueno e Rossignolo (2013), os selos foram criados como ferramentas avaliativas do que já estava sendo produzido sob a denominação de sustentável entre o final dos anos de 1980 e início dos anos de 1990, dando suporte a um nicho imobiliário que se mostrava bastante rentável.

Com a ampliação da discussão sobre sustentabilidade, a análise proposta pelos selos também se complexificou passando a incluir questões de cunho social e econômico, além de ferramentas como ACV. Hoje existem muitos selos[127], cada qual com sua preocupação principal, uma metodologia de aferição de conformidade e classificação em níveis de sustentabilidade, em geral, obtida por meio de um sistema de pontuação resultado de atendimento a critérios pré-estabelecidos (BUENO; ROSSIGNOLO, 2013; SARAMAGO; LOPES, 2019). Estes são cada vez mais são organizados de modo a considerar as especificidades locais, flexibilizando e adaptando os critérios de acordo com as condições sociais e econômicas dos diferentes países.

Se, por um lado, os selos representam um avanço na discussão e na minimização dos impactos ambientais associados às edificações, por outro, eles podem reforçar justamente os impactos da prática construtiva, sendo esta a principal crítica a este sistema de avaliação. De acordo com Saramago e Lopes (2019), por meio da análise comparativa entre três selos, foi verificada a ausência de consenso sobre o que é sustentabilidade, visto que cada um deles pontuou de forma diferente os critérios elencados. A

---

[126] Apesar da importância destas ferramentas, sua aplicação está subordinada a divulgação dos dados do setor, sendo esta uma dificuldade de muitos países.

[127] Entre alguns selos estão: LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*); BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*); HQE (*Haute Qualité Environnementale*), AQUA HQE (selo adaptado ao Brasil); PROCEL EDIFICA. Em geral, cada selo possui uma especificidade e uma área principal de interesse (por exemplo, energia, água, consumo de materiais, etc.).

análise também evidenciou não haver uniformidade nos critérios, mesmo aqueles entendidos como universais, como armazenamento de água da chuva ou tratamento de águas cinzas, demonstrando o caráter incompleto ou insuficiente desta abordagem.

A análise feita por meio de pontuação orientada por categorias pré-determinadas facilita a utilização da ferramenta, principalmente no momento da concepção projetual da edificação, já que se definem estratégias de projeto aceitas ou se especificam equipamentos a serem utilizados. O perigo deste modo de fazer, de acordo com Silva, Silva e Agopyan (2003), é que o atendimento aos critérios de uma lista não necessariamente garante o melhor desempenho global de uma edificação, encobrindo práticas já recorrentes, como a substituição de aberturas por sistemas mecânicos de ventilação, agora com selo de eficiência energética.

Além disso, se a acreditação do selo é resultado da somatória da pontuação, pode ser que um edifício atenda plenamente a uma categoria (por exemplo, água), deixe de pontuar em outra (por exemplo, energia) e ainda assim receba o selo de desempenho ambiental – o que é bastante contraditório, insuficiente e não representativo da complexidade da discussão. Esta simplificação, mais uma vez, seria representativa do esforço do mercado em melhorar a imagem da qualidade ambiental das edificações sem, no entanto, lidar com questões mais polêmicas (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003). Alguns trabalhos, inclusive, enaltecem as baixas exigências de alguns sistemas de certificação, as quais nada avançam nos aspectos já exigidos pelas normas técnicas (BUENO; ROSSIGNOLO, 2013; FIGUEIREDO, 2018), como o selo Casa Azul. Quando isso ocorre, evidencia-se o caráter mercadológico do processo e a tentativa de valorizar empreendimentos que nada contribuem com a discussão da sustentabilidade.

3.1.2. A Agenda 21 para a construção civil dos países em desenvolvimento

A Agenda 21 para os países em desenvolvimento (*Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries* – A21SCDC) é outra importante referência para a concepção de construções sustentáveis. Esta agenda utiliza como base a Agenda 21 para a construção sustentável (CIB, 1999) e é resultado de uma série de discussões promovidas entre representantes dos países alvo (JOHN; SILVA; AGOPYAN, 2001).

Pensar uma agenda específica para os países em desenvolvimento foi colocado enquanto uma necessidade visto a condição social que os unia: ausência de habitação adequada e suficiente, de redes de saneamento básico, de abastecimento de água e de energia, além de infraestrutura urbana incompleta - ou seja, construções necessárias para melhorar a qualidade de vida de sua população em um contexto de maiores desigualdades, menor disponibilidade de recursos monetários, altas taxas de crescimento demográfico e crescente ilegalidade na ocupação da terra (DU PLESSIS, 2002).

No campo construtivo compartilhavam processos produtivos dispendiosos, com alta geração de resíduos (oriundo de desperdício e de falta de planejamento e de projeto), baixa qualidade construtiva e alta informalidade do trabalhador. Os resultados, no campo habitacional, foram caracterizados como de baixa habitabilidade, ausência de conforto ambiental e alta vulnerabilidade da população mais carente a desastres naturais (DU PLESSIS, 2002), cenário não muito diverso do atual.

A A21SCDC compartilha os objetivos da agenda que lhe dá origem, mas destaca questões a serem incorporadas partindo de uma análise da situação destes países. As questões compartilhadas estão listadas no Quadro 11:

Quadro 11 – Ações compartilhadas entre a Agenda 21 para a construção sustentável e a A21SCDC.

- Necessidade de internalizar a sustentabilidade em todas as decisões e processos concernentes à construção civil a fim de se alcançar uma construção sustentável[128];
- Entender os benefícios da construção sustentável diante de aumento de custos de produção – são investimentos;
- Fomentar financiamento (pelo governo e setor acadêmico público e privado) para pesquisas focadas em alterações tecnológicas (processo de produção e na cadeia de materiais) ambientalmente e socialmente adequadas;
- Melhorar a qualidade do produto construído em termos de durabilidade, desempenho e qualidade interna do ar;
- Melhorar a qualidade dos processos construtivos e de seus produtos por meio da avaliação ambiental da edificação e da Análise de Ciclo de Vida;
- Reduzir o desperdício de materiais no processo de construção, uso e reforma de edificações. Este benefício pode ser alcançado por meio de novas práticas projetuais e pelo desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de descarte e reuso dos materiais;
- Aumentar do uso de resíduo reciclável como material construtivo;

[128] Por construção sustentável a agenda entende: Sustainable construction means that the principles of sustainable development are applied to the comprehensive construction cycle from the extraction and beneficiation of raw materials, through the planning, design and construction of buildings and infrastructure, until their final deconstruction and management of the resultant waste. It is a holistic process aiming to restore and maintain harmony between the natural and built environments, while creating settlements that affirm human dignity and encourage economic equity. (DU PLESSIS, 2002, p.06). [...] Sustainable construction is seen to imply holistic thinking as regards construction and management of the built environment, taking a lifecycle perspective. It implies not only new environmentally orientated construction designs, but also new environmentally friendly operation and maintenance procedures. Not only must construction materials and components be produced in a sustainable way, but their use must also answer to new requirements deriving from holistic environmental prerequisites. For example, there is no sense in producing cladding glass in an environmentally friendly way, if that sheet of glass is going to be used as a façade or roof in a Brazilian tropical climate (DU PLESSIS, 2002, p.09). Traduzindo livremente: "A construção sustentável implica que os princípios do desenvolvimento sustentável são aplicados ao ciclo integral da construção, desde a extração e beneficiamento das matérias-primas, passando pelo planejamento, projeto e construção de edifícios e infraestruturas, até a sua desconstrução final e gestão dos resíduos resultantes. É um processo holístico que visa restaurar e manter a harmonia entre o ambiente natural e o construído, ao mesmo tempo em que cria assentamentos que afirmam a dignidade humana e incentivam a equidade econômica". "[...] A construção sustentável implica um pensamento holístico no que diz respeito à construção e gestão do ambiente construído, tendo uma perspectiva de ciclo de vida. Isso implica não apenas em novos projetos de construção ambientalmente orientados, mas também em novos procedimentos de operação e manutenção ambientalmente corretos. Não apenas os materiais e componentes de construção devem ser produzidos de forma sustentável, mas seu uso também deve atender a novos requisitos decorrentes de pré-requisitos ambientais holísticos. Por exemplo, não faz sentido produzir vidro de revestimento de forma ecologicamente correta, se essa lâmina de vidro vai ser usada como fachada ou telhado em um clima tropical brasileiro".

- Promover a eficiência energética das edificações;
- Instituir medidas adequadas para o uso e o armazenamento da água;
- Projetar edificações duráveis e passíveis de manutenção, adequação e *upgrade* / manutenção; custos de adequação e manutenção devem estar previstos em projeto;
- Especificar materiais ambientalmente saudáveis, evitando o uso de elementos tóxicos, poluidores e de alta emissão de GEEs;
- Inovar materiais e métodos construtivos estabelecendo modos de construir acessíveis a toda a sociedade;
- Garantir segurança e saúde ambiental na produção e uso de materiais, além de ações para a minimização dos impactos relacionados ao canteiro de obras (geração de poeira, barulho, estocagem de produtos tóxicos);
- Estabelecer políticas e procedimentos para aquisição de materiais e edificações, obrigando toda a cadeia de produção a se adequar; estabelecer políticas de gestão e uso de resíduos da construção e demolição;

Fonte: Du Plessis, 2002.

John, Silva e Agopyan (2001) dividiram as ações da A21SCDC em três grandes eixos:

1. Aperfeiçoamento da qualidade ambiental de edifícios, processos e produtos da construção;
2. Redução no consumo de recursos naturais;
3. Gerenciamento e organização de processos.

Os dois primeiros eixos foram contemplados pelas ações descritas no Quadro 11, sendo compartilhadas entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. O eixo 3 é específico para os países em desenvolvimento, caracterizados pela baixa organização do setor, baixa qualidade da produção e grande informalidade do trabalho. O Quadro 12 apresenta as ações concernentes ao eixo 3:

Quadro 12 - Ações relacionadas à gerenciamento e organização de processos.

- Definir padrões para a melhoria da qualidade ambiental das construções no projeto, no processo construtivo e na análise do produto;
- Conceber projeto através da participação de equipe multidisciplinar;
- Repensar o processo produtivo a partir da “re-engenharia”: reciclagem e reuso de materiais e sistemas construtivos como pontos de partida;
- Capacitar recursos humanos e reforçar ações de segurança do trabalho;
- Normatizar e fiscalizar a qualidade ambiental das edificações e dos produtos empregados em sua construção;
- Promover a educação, informação e conscientização de todos os agentes da cadeia produtiva;
- Instituir políticas públicas voltadas para a construção sustentável;
- Definir uma agenda social para a redução do déficit habitacional, aumento de infraestrutura urbana e serviços sanitários.

Fonte: John, Silva, Agopyan (2001).

A A21SCDC argumenta ser necessário buscar outros modos de desenvolver a construção civil, visto que o modelo empregado pelos países ditos desenvolvidos, baseado em estruturas de produção em massa, reforçou o impacto ambiental negativo, a alta concentração de riqueza e a exclusão social e territorial. Outro caminho seria pensar processos e soluções amparadas na valorização das potencialidades e no uso dos recursos locais (de cada país ou região). Em geral, os países em desenvolvimento possuem

recurso natural abundante o qual, ao contrário do capital humanamente criado (produtos), não é substituível e apresenta valor sempre crescente[129].

Deste modo, o desenvolvimento de novas tecnologias construtivas deveria favorecer o uso de recursos locais (em geral, baratos e abundantes) e renováveis, valorizando o saber local e a mão de obra já capacitada. É importante que práticas tradicionais sejam modernizadas a fim de se tornarem mais racionalizadas tanto em relação aos materiais quanto ao trabalho. Para isso, o uso de ferramentas e equipamentos modernos é fundamental, assim como projeto e práticas de planejamento de obra. O uso de tecnologias digitais para o projeto pode ser uma ferramenta importante para revalorizar o tradicional – um caminho para as "tradições construtivas repensadas".

Em geral, tecnologias construtivas tradicionais estão bem integradas ao ambiente natural a que pertencem, seja no que se refere à disponibilidade dos recursos materiais e humanos, seja em relação aos valores éticos da comunidade – pontos fundamentais para uma boa arquitetura. A princípio, são de fácil apropriação e aprendizagem, priorizam ferramentas acessíveis a todos, são colaborativas e intensivas em trabalho, fomentando a geração de renda local (DU PLESSIS, 2002).

A agenda também indica como prática desejável o fomento às pequenas empresas microprodutoras como meio para a movimentação da economia local (geração de emprego e renda) e difusão de saberes, poderes, renda e meios de produção. Esta prática, por sua vez, colaboraria para a economia de energia, principalmente aquela despendida no transporte de insumos da construção, disseminaria e pulverizaria empresas e reduziria investimentos em propaganda e marketing necessários para que diferentes regiões tenham conhecimento de produtos e materiais produzidos em polos especializados.

O acesso à terra também é uma discussão colocada, pois parte dos problemas sociais e ambientais recorrentes aos países em desenvolvimento se referem à ocupação de áreas ambientalmente inadequadas, como encostas e margens de rios[130], e do modelo de ocupação urbana para os pobres –

---

[129] "Thus, while it may seem perfectly rational to trade natural capital of a given value for human-made capital of equal or greater value within a static framework, this is not true within a dynamic framework – that is, modelling economic systems through time. Firstly, this is because we would be living off our irreplaceable and non-substitutable natural capital, instead of off the revenue derived from that capital, and, secondly, because the human-made capital with which we replace it will eventually depreciate in value, leaving us with nothing. Over the long term the sustainability of Homo sapiens will therefore be threatened by the "weak" sustainability approach" (DU PLESSIS, 2002, p. 11). Traduzindo livremente: "Assim, embora possa parecer perfeitamente racional trocar capital natural de um determinado valor por capital produzido pelo homem de valor igual ou superior em uma estrutura estática, isso não é verdade em uma estrutura dinâmica - isto é, modelar sistemas econômicos ao longo do tempo. Em primeiro lugar, é porque estaríamos vivendo com nosso capital natural insubstituível e não substituível, em vez de com a receita derivada desse capital e, em segundo lugar, porque o capital feito pelo homem com o qual substituí-lo acabará por se depreciar em valor, deixando-nos sem nada. A longo prazo, a sustentabilidade do *Homo sapiens* será, portanto, ameaçada pela abordagem de sustentabilidade 'fraca'".

[130] Maricato (2003) explica que a "preferência" pela ocupação de áreas de proteção ambiental acontece por serem áreas públicas, não dominadas pelo interesse de mercado, as quais, mesmo protegidas por legislação, não são fiscalizadas de maneira adequada. Em suas palavras: "É nas áreas rejeitadas pelo mercado imobiliário privado e nas áreas públicas, situadas em regiões desvalorizadas, que a população trabalhadora pobre vai se instalar: beira de córregos, encostas dos morros,

afastados, nas bordas. Os resultados são noticiados todos os anos como uma tragédia em si, sem considerar as causas promotoras de tais infortúnios, como a dificuldade de acesso à terra legal para a moradia e a ausência de políticas habitacionais apropriadas. Além disso, ressalta a necessidade de se rever como a terra vem sendo utilizada, distribuída e gerida a fim de se desenvolver estratégias que integrem o planejamento dos recursos naturais com as necessidades das construções, a saber: drenagem urbana, abastecimento de água, esgotamento sanitário, ruas e estradas e espaços para a deposição de resíduos.

Outros pontos tratados pela agenda foram listados no Quadro 13:

Quadro 13 – Outras considerações da A21SCDC.

- Considerar a acessibilidade de populações pobres às ferramentas e ao conhecimento como parte do desenvolvimento de novos materiais e tecnologias construtivas;
- Fomentar a participação nas discussões relacionadas à construção do ambiente construído como meio para o fortalecimento de comunidades e coletivos;
- Qualquer projeto e intervenção deve ser representativo das necessidades locais, respeitando a cultura e os saberes das pessoas envolvidas;
- Incentivar a igualdade de gênero em todo o processo de projeto e construção, seja em contexto de decisões ou de construção (por exemplo, definindo elementos construtivos e ferramentas universalmente manejáveis);
- Promover e instituir a educação universal e técnica para a valorização do trabalho e do trabalhador: ações voltadas ao acesso à informação contribuem para o fortalecimento de uma base trabalhista local e nacional, reduzem a rotatividade de trabalhadores no setor e dignificam as diferentes profissões relacionadas;
- Integrar os diferentes tipos de conhecimento, a teoria e a prática nos sistemas de aprendizagem além da discussão sobre a importância da sustentabilidade.
- Instituir, incentivar e fortalecer a legislação trabalhista, a formalização do setor e a segurança do trabalho;
- Melhorar o processo de gestão da construção por meio de articulação entre projeto, planejamento e implementação;
- Promover e capacitar os diferentes profissionais envolvidos para uma ação decisória conjunta;
- Considerar os custos sociais e ambientais das decisões relacionadas ao desenvolvimento e ao uso de tecnologias construtivas de modo a fomentar novas possibilidades. Entre os custos, a agenda cita aqueles relacionados ao desflorestamento, atividades de mineração, alteração do uso do solo pelo avanço nem sempre necessário de cidades sobre terras agrícolas e reservas naturais, alterações do relevo para sua adequação às novas edificações, etc.

Fonte: Du Plessis, 2002.

Em resumo, a agenda se esforça em abraçar os aspectos ambientais, sociais, econômicos, políticos e culturais da construção sustentável, cria um roteiro para programas de Pesquisa e Desenvolvimento e determina estratégias de ação no campo da pesquisa e da educação, do setor empresarial e privado,

terrenos sujeitos a enchentes ou outros tipos de riscos, regiões poluídas, ou... áreas de proteção ambiental (onde a vigência de legislação de proteção e ausência de fiscalização definem a desvalorização) (MARICATO, 2003, p. 154). Esta conivência do poder público com a ocupação de áreas irregulares é marcada de contradições e possui diversos desdobramentos – por exemplo, não age para a remoção das famílias e a sua alocação em áreas adequadas, não provê infraestrutura para o local (redes de saneamento, linhas de ônibus, etc.). Por sua vez, a população do local também não reivindica melhorias diante do medo de despejo.

para clientes, governantes, tomadores de decisões e Organizações Não-Governamentais (ONGs). Apesar de sua complexidade, os principais veículos de divulgação da agenda priorizam seus princípios ambientais, reforçam a necessidade de se melhorar o processo produtivo / construtivo e advogam pela necessidade de construção de infraestrutura e habitação como principais desafios dos países em desenvolvimento – esvaziando todo o processo de discussões que poderia estimular novas práticas de construção, ocupação do espaço e organização das comunidades.

3.1.3. ACV como meio para concepção de novos processos

A ferramenta de Análise de Ciclo de Vida foi proposta com o objetivo de avaliar os impactos ambientais causados por um sistema de produto[131] (ou serviço) ao longo do seu ciclo de vida (SILVA et. al, 2015) a partir da análise do inventário de suas entradas e saídas (*inputs* / *outputs*). De acordo com Gomes (2003, p. 17), trata-se de "um procedimento de analisar formalmente a complexa interação de um *sistema* (que pode ser um material, um componente ou um conjunto de componentes) com o ambiente *ao longo de todo o seu ciclo de vida,* caracterizando o que se tornou conhecido como enfoque do *'berço ao túmulo'* (*cradle-to-grave*)". É esperado que a ferramenta auxilie no entendimento dos impactos negativos e positivos relacionados a um sistema de produto para a definição de estratégias que o tornem menos agressivo ambientalmente, potencializando o uso dos recursos e contribuindo para o aumento da saúde humana.

Em geral, o inventário de entrada (*input*) diz respeito aos itens necessários para a produção de um produto, enquanto o inventário de saída (*output*) diz respeito a produtos intermediários, emissões e resíduos decorrentes do processo de produção. O mérito da ferramenta de ACV consiste em abrir as etapas concernentes à produção desde a extração da matéria prima, manufatura, uso / reuso e manutenção do sistema de produto, reciclagem e deposição final, além das diferentes etapas de transporte (ver Figura 5), avaliando os impactos de cada uma destas etapas (em termos de *inputs* e *outputs*) ou de todo o ciclo de produção, uso e descarte de uma edificação e as suas partes.

[131] De acordo com a Norma NBR ISO 14.040, sistema de produto é o "conjunto de unidades de processo, conectadas material e energicamente, que realiza uma ou mais funções definidas" (ABNT, 2001, p. 03).

Figura 5 - Diagrama esquemático dos estágios do ciclo de vida.

Fonte: adaptado de GUSTAVSSON *et al.*, 2013.

A ACV é dividida em quatro etapas principais (ABNT, 2001):

1) **Definição do objetivo e do escopo do estudo:** é nesta etapa que se discute o público-alvo do estudo, o aprofundamento necessário e a definição das fronteiras do sistema a ser estudado (se uma parte do ciclo ou o ciclo todo);
2) **Análise de inventário do ciclo de vida:** trata-se da etapa de coleta de dados, incluindo as fases de a) descrição geral do inventário; b) planejamento e definição de procedimentos de coleta; c) a realização da coleta; d) a modelagem do sistema; e) o cálculo do inventário. Existem diversas metodologias para análise de inventário e várias ferramentas digitais que auxiliam neste processo de coleta e cálculo. Em geral, estão relacionadas a análise de um contexto regional / nacional com a indicação de algumas categorias que avaliam o impacto global (BUENO, 2014). Por isso é importante que cada país tenha sua própria metodologia, o que implica na criação de bancos de dados sobre todo o sistema produtivo;
3) **Avaliação do impacto do ciclo de vida:** esta etapa está apoiada na análise dos dados coletados e já tratados pelo inventário por meio de metodologias apropriadas previamente indicadas no escopo do estudo com vistas a entender a significância de impactos ambientais potenciais;
4) **Interpretação do ciclo de vida:** tem por objetivo definir conclusões e recomendações para o ciclo de vida, podendo levar a revisão total do ciclo de um sistema de produto. A interpretação também inclui etapas de verificação de sensibilidade, de inconsistências e de completeza do estudo, avaliando a sua confiabilidade e as suas limitações.

As principais dificuldades na aplicação da ferramenta de ACV, principalmente em países como o Brasil, estão listadas no Quadro 14:

Quadro 14 - Dificuldades no desenvolvimento e aplicação de ACV.

- Obtenção de dados suficientes e confiáveis para a etapa de inventário – pela sua ausência ou por ser um dado sigiloso da empresa, portanto, sem interesse em sua divulgação;
- Baixa padronização dos sistemas produtivos de um mesmo produto, dificultando a universalização dos resultados de um estudo, ou mesmo a comparação de resultados entre empresas diferentes;
- Complexidade na sua realização - dependendo da delimitação do escopo, sua profundidade e a abrangência do estudo a ser analisado – o que, se realizado de maneira simplificada, pode comprometer os resultados do estudo;
- Limitações de custo e de tempo, de acordo com o aprofundamento do estudo;
- Subjetividade na análise de impactos, e mesmo incapacidade em quantificá-los, compará-los e dar peso aos seus diferentes aspectos (humanos, econômicos, ambientais).

Fonte: SILVA (2003); ZOCCHE (2014)

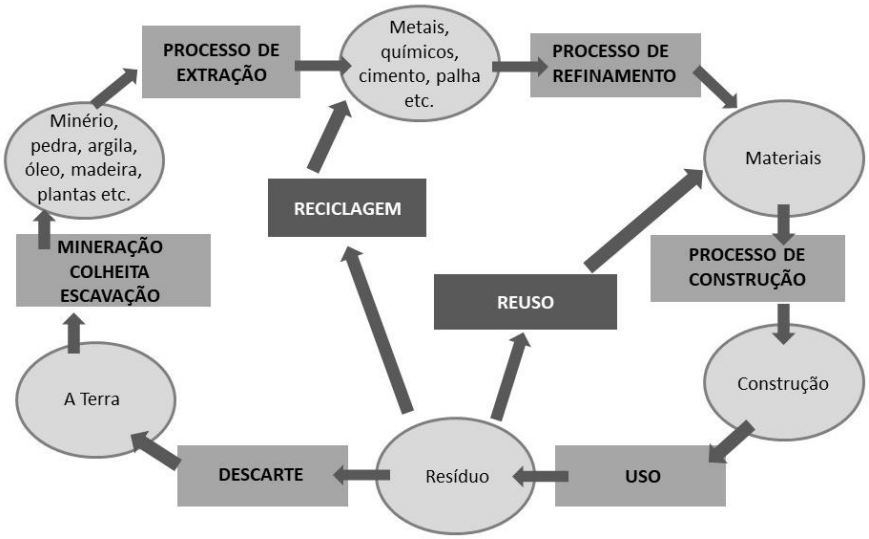
Apesar das dificuldades, a ferramenta tem um grande potencial no auxílio ao desenvolvimento de produtos menos impactantes. A delimitação de seu escopo tem possibilitado a criação de normas específicas para analisar aspectos particulares, como é o caso da ISO 14.067 sobre a análise de pegada de carbono.

Para além da importância do entendimento dos impactos causados por um material, produto ou sistema construtivo existe um esforço importante de diversas pesquisas em reduzir os *inputs* e *outputs* relacionados ao ciclo de vida - racionalizando a produção, a fim de reduzir os *inputs*; ou readequando todo o sistema produtivo para que resíduos e co-produtos relacionados a um produto se tornem a matéria prima de um outro - como proposto pela Ecologia Industrial – reduzindo, por sua vez, os *outputs*.

A análise de ciclo de vida também deixou clara a necessidade de se aumentar a durabilidade de tudo o que se produz, de tornar reutilizável e reciclável os materiais e componentes já utilizados (sempre que possível e tecnicamente viável) ou oriundos de outros processos produtivos, de modo a reduzir *inputs* e *outputs* simultaneamente e todos os impactos associados às diferentes etapas do ciclo de vida. Neste sentido, o conceito "*cradle-to-grave*" passou a ser substituído pela ideia de "*cradle-to-cradle*"[132] (RIOS; CHONG; GRAU, 2015), numa tentativa de tornar todo o processo produtivo e de uso dos recursos o mais circular possível, algo como exemplificado pela Figura 6.

[132] O termo *cradle-to-cradle*, ou modelo de circuito fechado, é uma analogia ao metabolismo biológico da natureza onde, em teoria, "*nada se cria, nada se perde e tudo se transforma*" (referência direta à Lei de Lavousier). Sabemos que este nível de circularidade é praticamente impossível nos sistemas produtivos humanos, como nos explicou Georgescu-Roegen (2012) com a entropia.

Figura 6 - Loop do ciclo de vida dos materiais.



Fonte: Traduzido de Rios, Chong, Grau, 2015, p. 1298.

3.2. Projeto para a continuidade: abordagens necessárias

Na arquitetura, ações voltadas para a máxima permanência das edificações e de suas diferentes partes são discutidas em temas como o design para a desmontagem (*Design for Disassembly* – DfD), design para a desconstrução (*Design for deconstruction*)[133], design para a flexibilidade / adaptabilidade (*Design for Flexibility / Adaptability* – DfF / DfA) e reabilitação tecnológica da edificação (*retrofit*)[134]. Ainda que cada uma destas abordagens possua suas especificidades, elas contêm questões compartilhadas, como as apresentadas no Quadro 15:

Quadro 15 - Vantagens compartilhadas pelas diferentes abordagens.

- Redução do consumo de materiais virgens e da depredação e poluição ambiental associadas à produção de novos materiais e novas edificações;
- Redução da energia incorporada aos processos de produção, assim como da poluição e da emissão de GEE;
- Redução dos espaços destinados a aterros sanitários e todos os problemas ambientais, sociais e econômicos relacionados;
- Preservação de parte do capital natural, energético, humano e econômico investido em materiais e edificações já existentes;
- Redução do custo dos materiais;
- Possibilidade de preservação do patrimônio histórico;
- Estímulo à economia local por meio da geração de oportunidades de negócio e empregos relacionados ao reuso e reciclagem dos materiais;

[133] Uma importante plataforma interessante para pesquisar ciclo de vida e reaproveitamento de materiais é a *Lifecycle Building Challenge*: <https://www.lifecyclebuilding.org/resources.php>. Nela são apresentados diversos estudos de caso e manuais orientativos.

[134] Existem ainda outras abordagens possíveis que não serão tratadas por este trabalho: design para a circularidade (*Design for circularity*), *Cradle to Cradle* (C2C), Design regenerativo (*Regenerative Design*).

- Alteração do modo de uso da terra, não mais para a exploração desnecessária de novos materiais e / ou para o depósito de resíduos de demolição, a partir do momento em que os diferentes materiais são reutilizados e reciclados.

Fonte: Guy; Shell, 2002; Rios; Chong; Grau, 2015; Guy; Ciarimboli, 2019; Kibert; Chini; Languell, 2001; Matarraia, 2013; Shell et. al, s/d; Couto; Couto; Teixeira, 2006.

Em comum também são indicadas as principais barreiras para se implementar uma postura voltada para a durabilidade dos bens construídos (Quadro 176):

Quadro 16 - Dificuldades compartilhadas.

- Custos associados aos processos de projeto e construção concebidos para a desconstrução e / ou desmontagem;
- Ausência de profissionais qualificados tanto para a realização do projeto flexível e voltado para a desmontagem, quanto para a desmontagem de edificações e suas diferentes partes;
- Baixo custo para depósito de resíduos da construção em aterros sanitários;
- Tempo necessário para a desmontagem, em geral, não contabilizados por cronogramas de obras;
- Sistemas construtivos não pensados para a desmontagem, seja em termos dimensionais ou de conexão entre as suas diferentes partes;
- Sistemas estruturais não projetados para a flexibilidade espacial;
- Percepção negativa dos usuários em relação aos materiais reutilizados / reciclados;
- Ausência ou ainda incipiente cadeia de suprimentos de materiais reutilizados, baixa divulgação de estoques, fornecedores e da localização da oferta;
- Custos adicionais necessários ao transporte do material no percurso demolição – depósito – obra.

Fonte: Rocha; Satler, 2009; Guy; Shell, 2002; Rios; Chong; Grau, 2015; Guy; Ciarimboli, 2019; Kibert; Chini; Languell, 2001; Couto; Couto; Teixeira, 2006; Schneider; Till, 2005; Brandão, 2002.

Para as ações de retrofit e de design para desconstrução / desmontagem é recorrentemente defendida a necessidade de legislações voltadas ao incentivo e fortalecimento de novos modos de explorar, utilizar e reutilizar os recursos – políticas reguladoras e de financiamento, taxação sobre resíduo da construção e demolição, leis que determinem uma porcentagem obrigatória para o emprego de materiais reutilizáveis ou recicláveis em novas obras, a formalização de empresas demolidoras e seus profissionais, entre tantas outras ações.

A revisão da literatura também permite afirmar que todas as abordagens para a durabilidade estão associadas de alguma forma, principalmente se o objetivo final é preservar os recursos e reduzir a quantidade de resíduos: o design flexível não é possível sem um projeto construtivo voltado para a desmontagem ou desconstrução, por exemplo, assim como a reabilitação tecnológica (*retrofit*) pode ser dificultada sem a possibilidade de um projeto estrutural adaptável / flexível. Neste sentido, é urgente a formação de profissionais projetistas preparados para lidar com questões práticas relacionadas ao processo de montagem / desmontagem, projeto flexível e reforma, mas também para repensar sistemas construtivos a partir de toda a sua cadeia, o que exige o entendimento sobre o seu funcionamento.

Destaca-se que o material é um elemento chave para a durabilidade da edificação: deve ser adequado a cada tipo de emprego e acessível / substituível se seu objetivo é ser útil em diferentes ciclos de uso. Não deve possuir toxicidade passível de contaminar os usuários ou trabalhadores, ou poluir o meio ambiente ao final de sua vida útil. Materiais de composição simples são preferíveis aos compostos, ampliando suas possibilidades de reutilização (KIBERT; CHINI; LANGUELL, 2001).

Mas a durabilidade da edificação não é uma característica inerente ao material. Ela decorre do conjunto de soluções empregadas durante o projeto e a construção (execução de cada serviço) das edificações. Casas de terra, de *steel frame*, de madeira ou de concreto possuem a sua vida útil subordinada às decisões de projeto e a um detalhamento preocupado com as fragilidades e potencialidades de cada material, bem como a correta construção em canteiro de obras. Além disso, é fundamental considerar outros fatores de degradação, como os internos (relacionado aos tipos de usos) e externos (vinculados às condições climáticas), bem como o nível de manutenção que se almeja (JOHN *et al*., 2002).

Uma edificação durável não é equivalente a uma edificação isenta de manutenções e reformas, as quais, se espera, estejam previstas em projeto, tanto em termos de periodicidade quanto de custos (JOHN *et al*., 2002). Por isso, se o projeto é concebido prevendo conexões entre os sistemas e as suas diferentes partes aumentam-se a gama de materiais possíveis de serem utilizados, como por exemplo, os biodegradáveis. Torna-se, assim, factível o emprego de madeira sem tratamento em áreas externas pouco protegidas, por exemplo, desde que seja previsto em projeto a troca de componentes avariados periodicamente, de maneira fácil e sem comprometimento do restante da estrutura ou do sistema construtivo.

Por fim, podemos reforçar a relação entre o design para a durabilidade e a concepção da tecnologia construtiva. Edificações duráveis resultam da tecnologia construtiva empregada – e, portanto, da intenção em empregar mão de obra capacitada (para projeto, construção, manutenção, desconstrução / desmontagem), ferramentas de fácil manuseio e acesso, sistemas passíveis de desmontagem / reparação / substituição resultado da escolha e do arranjo dos diferentes materiais e elementos construtivos.

Uma vez discutido os aspectos gerais que aproximam as diferentes abordagens empregadas na construção civil para a durabilidade das edificações, torna-se premente entender as suas particularidades.

3.2.1. Design para a desmontagem / desconstrução

Não há uma diferenciação claramente estabelecida entre design para desmontagem ou desconstrução, já que ambos compartilham as mesmas características. Matarraia (2013) argumenta estar a distinção no

detalhe do projeto: aplica-se desconstrução, como demolição seletiva, quando os sistemas construtivos não foram projetados para serem facilmente desmontados e reaproveitados. Já no design para a desmontagem, o processo de desmontagem é uma característica estabelecida durante a definição do projeto. Design para a desconstrução ou desmontagem, neste sentido, é definido como um processo em que as partes de uma edificação, ou toda a edificação é demolida de maneira a preservar a máxima possibilidade de reuso dos materiais e dos componentes construtivos empregados (RIOS; CHONG; GRAU, 2015). As edificações construídas são, por isso, consideradas como estoques para futuras edificações (GUY; SHELL, 2002) reduzindo a necessidade de produção de novos materiais bem como dos espaços destinados à deposição dos resíduos de demolição.

A aplicação do conceito, no entanto, não é algo trivial. Projetar para a demolição e desmontagem demanda detalhamento específico do projeto executivo, possível mediante arquitetos e engenheiros devidamente preparados para a definição de sistemas construtivos e processos de construção alinhados com a ideia de desmontagem. Da literatura consultada destacamos, no Quadro 17, estratégias de um projeto voltado para a desconstrução / desmontagem:

Quadro 17 - Estratégias para projeto baseado em princípios de desconstrução / desmontagem.

Material	Não possuir toxicidade;
	Ser, preferencialmente, de composição simples (ou invés de compostos), de baixo processamento e de base biológica;
	Possuir alta qualidade, durabilidade / longevidade e alta reciclabilidade;
Escala	A escala do material e do componente construtivo deve ser definida em acordo com a escala humana, tamanho e peso, para ser facilmente operacionalizado pelo trabalhador;
Ferramentas e equipamentos	Devem ser simples e acessíveis para os trabalhadores da montagem e da desmontagem, seja em termos de custo ou de facilidade de operação;
Sistema construtivo	Preferir componentes construtivos modulares;
	Ser simples e claro, sem complexidade, com o menor número possível de diferentes tipos de componentes e de materiais;
	Reduzir a quantidade de fixadores e, sempre que possível, dar preferência para fixadores mecânicos (parafusos) em detrimento aos de contato (colas e adesivos);
	Projetar conexões simplificadas e acessíveis / visíveis para os trabalhadores;
	Diferentes componentes, como portas e janelas, devem ser instaladas de modo acessível para a desmontagem;
	As diferentes camadas construtivas devem ser separadas e independentes, como alvenaria e subsistemas de água e energia, assim como componentes que possuem alta e baixa vida útil, a fim de facilitar a sua substituição;

Fonte: Kibert; Chini; Languell, 2001; Guy; Shell, 2002; Shell et. al, s/d.

O projeto de construção (desenhos e detalhes) deve estar disponível permanentemente, trazendo a especificação correta de todos os materiais e componentes utilizados, bem como as propriedades do

sistema estrutural, de modo a conservar as propriedades de materiais e componentes durante o processo de montagem e desmontagem.

Também é recomendado que a estrutura seja independente dos demais sistemas e subsistemas construtivos de modo a ser preservada diante de renovações e readaptações de partes ou de toda a edificação. A pré-fabricação de componentes construtivos pode contribuir para o design para montagem e desmontagem se pensada para tanto, o que supõe reduzir peças muito específicas e de complexidade na montagem. O mesmo pode ser aplicado à modularidade.

Guy e Shell (2002) também chamam a atenção para a importância da integração entre design para montagem / desmontagem, design para o reuso, design para a remanufatura e design para a reciclagem. No processo de construção e demolição seletiva, principalmente em edificações não projetadas para a desmontagem, sempre há a perda de materiais e componentes, em especial aqueles pequenos, como pregos, parafusos, sendo premente a necessidade da sua correta destinação. O percurso indicado pelos autores maximiza a permanência destes materiais e componentes, devendo ser a destinação para aterros a última opção possível.

3.2.2. Design para a flexibilidade ou adaptação

Mudanças de gostos, de necessidades (personalização) e de valores, o aparecimento de novas tecnologias e produtos, a alteração no ritmo de vida e na estrutura familiar[135] são acontecimentos cada vez mais dinâmicos e rápidos, enquanto edificações são projetadas e construídas para terem vida útil superior a 50 anos. Sendo assim, a capacidade de alterar o ambiente construído e adequá-lo às diferentes necessidades deve ser algo possível quando se deseja evitar a obsolescência de uma edificação, em especial àquelas destinadas à habitação (BRANDÃO, 2002). O design para a flexibilidade, ou o projeto flexível encontra aqui sua relevância e a sua atualidade, já que edificações deixaram de ser um objeto estático no tempo (ESTEVES, 2013).

A flexibilidade se relaciona à possibilidade de diversidade de usos para um mesmo ambiente, seja através da alteração física do espaço construído sem a destruição da edificação (apesar de algumas de suas partes poderem ser subtraídas) ou pela capacidade do espaço suportar diversos arranjos para diferentes usos. Em resumo, uma edificação flexível é capaz de acomodar mudanças para a melhor

[135] A tese de Douglas Brandão (2002), "Diversidade e potencial de flexibilidade de arranjos espaciais de apartamentos: uma análise do produto imobiliário brasileiro", apresenta com bastante detalhes cada um destes "acontecimentos". É bastante importante entender como a alteração no ritmo de vida (inclusão feminina no mercado de trabalho, por exemplo), na estrutura familiar (diferentes arranjos e ausência de um modelo, família passando pelas diferentes etapas do ciclo de vida) e do trabalho (*home office*) demandam cada vez mais ambientes passíveis de modificações para não se tornarem obsoletos. A tese apresenta como o mercado imobiliário vem tratando estas questões, e faz uma análise das possibilidades de flexibilidade espacial pela análise de mais de 3 mil projetos.

adaptação do usuário (SCHNEIDER; TILL, 2005). A flexibilidade é entendida como possibilidade de personalização e distinção, mas também como uma ferramenta para a permanência e longevidade de construções existentes.

Existem várias abordagens para a definição de flexibilidade. Brandão e Heineck (2003), por exemplo, indicam as ações de diversidade tipológica, junção e desmembramento, flexibilidade propriamente dita, adaptabilidade e ampliabilidade como princípios utilizados para aumentar a flexibilidade do projeto, conforme Quadro 18:

Quadro 18 - Possibilidades de ações para a flexibilidade de projetos arquitetônicos.

Diversidade tipológica	Consiste em projetar diferentes unidades-tipo para um mesmo edifício de múltiplos andares variando os ambientes e os cômodos;
Junção e desmembramento	Consiste em juntar unidades residenciais diferentes de modo a formar uma unidade maior, ou o contrário, dividir uma unidade residencial em outras menores;
Flexibilidade propriamente dita	Possibilidade de gerar diferentes arranjos internos em uma edificação, seja por meio de divisórias ou alteração de layout. Em geral, está relacionada a plantas livres e ao zoneamento de áreas secas (livres) e molhadas (fixas);
Adaptabilidade	Possibilidade de simultâneas funções para um mesmo ambiente ou a troca de função sem a necessidade de serviços de construção. Um exemplo são os ambientes multiusos. O ambiente pode ser alterado por meio de divisórias, painéis móveis, mobiliário;
Ampliabilidade	Ocorre por meio de adição de novos ambientes ou cômodos, ou pela readequação do espaço interno da edificação – ampliação de um quarto integrando o espaço de um outro quarto. Em geral, necessita serviços de construção e demolição.

Fonte: Brandão e Heineck (2003).

Para Finch (2009), a flexibilidade pode ser alcançada por meio de estratégias projetuais pensadas em termos de espaços expansivos, conversíveis, versáteis e maleáveis (Quadro 19):

Quadro 19 - Estratégias projetuais para a flexibilidade do ambiente construído.

Espaços expansivos	São aqueles que podem crescer, aumentar de acordo com a necessidade, sendo necessárias adequações físicas / construtivas;
Espaços conversíveis	Podem ser facilmente adaptados para diferentes programas por meio de artifícios simples como partições, divisórias e mobiliário;
Espaços versáteis	Servem a múltiplas funções, como por exemplo, descanso e lazer / trabalho e lazer
Espaços maleáveis	Podem ser alterados de uma só vez, pois, em geral, são projetados sem uma função específica – um cômodo que pode tornar-se um quarto, um espaço de ginástica, uma brinquedoteca etc.

Fonte: Finch, 2009.

A flexibilidade está relacionada à natureza espacial de um projeto sendo diretamente influenciada pela tecnologia construtiva. Plantas livres exigem sistemas estruturais que possibilitem maiores vãos, como lajes nervuradas, garantindo versatilidade no posicionamento de divisórias; junção e desmembramento de partes de um projeto podem ser facilmente realizados com sistemas construtivos leves e secos, sem função estrutural. Os sistemas hidráulicos e sanitários costumam ser uma dificuldade na proposição de

projetos flexíveis devido a sua mobilidade restrita, sendo, em geral, fixos. Alguma variabilidade na disposição dos elementos pode ser alcançada pelo uso de *shafts*, tubulações aparentes e pisos e forros falsos. No que diz respeito às instalações elétricas e de dados, é aconselhado não as embutir em alvenarias e estruturas (BRANDÃO, 2002). Schneider e Till (2005) recomendam manter a independência entre os diferentes sistemas e subsistemas construtivos para poder alterá-los com maior liberdade, sem prejudicar um ao outro, como o uso de estruturas independentes da vedação. Recomendam, ainda, fazer uso de elementos padronizados e modulares de fácil substituição.

3.2.3. Reabilitação tecnológica (*retrofit*)

A reabilitação tecnológica, ou retrofit, é um processo de modernização e atualização da edificação cujo objetivo é devolver qualidades que permitam a continuidade de seu uso de maneira segura, confortável e duradoura (BARRIENTOS, 2004; COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006). As operações de *retrofit* envolvem a adaptação da edificação a novos usos, a melhoria da qualidade ambiental dos ambientes internos, alterações para a otimização do consumo de energia, a valorização da edificação ou mesmo obras de restauração (GONÇALVES; DUARTE, 2006). Contribuem para a permanência e valorização do patrimônio edificado, reduzindo a geração de resíduos e dos espaços necessários para a expansão urbana e / ou deposição de resíduos da construção e demolição (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006).

Em geral, envolve ações com o objetivo de melhorar o desempenho da edificação como reparação, renovação e modificações extensivas, principalmente das instalações prediais (água, energia, dados, telefonia) e para a correta e atualizada adequação às normas do corpo de bombeiros, contemplando ações para o tratamento de estruturas, envoltória, espaços internos e sistemas prediais (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006; GONÇALVES; DUARTE, 2006). Obras de retrofit são destinadas a edificações novas e antigas. Enquanto obras antigas, em geral, carecem de atualização[136], nas novas, quando isso ocorre, é em decorrência da má qualidade projetual e construtiva da edificação.

As maiores dificuldades relacionadas a obras de *retrofit*, aplicáveis a qualquer reforma, dizem respeito, principalmente, à tecnologia da construção civil. Alguns poucos exemplos são: como adequar o canteiro de obras a áreas já construídas e ocupadas (máquinas, estocagem e manipulação de materiais) e gerenciar resíduos sólidos em ambientes pouco espaçosos, seja dentro do edifício ou do lote; como reduzir os impactos estruturais gerados pelas intervenções em lajes e paredes, em geral, para a passagem de novas tubulações; como compatibilizar os espaços existentes com a necessidade de construção de sobreposições, enxertos e anexos; como garantir a qualidade do que já está construído,

[136] Não podemos confundir este processo de atualização com restauro, apesar do restauro poder conter em suas ações a atualização da edificação. Quando falamos em restauro nos atrelamos a questões de patrimônio histórico e valores a serem preservados, exigindo outra postura diante do projeto e da obra, em geral, norteados por uma disciplina bastante consolidada.

seja em termos estruturais ou de acabamento, diante de trabalhos de quebra e reconstrução (DEVECCHI, 2010). Há de se apontar ainda as questões relativas ao tempo e aos custos de reforma as quais, se avaliadas apenas por estes prismas, são consideradas inviáveis.

Obras de *retrofit* exigem profissionais com um conjunto de conhecimentos diversos, hábeis em lidar com imprevistos e capazes de instituir soluções criativas apropriadas a reformas sem o comprometimento da edificação existente. As intervenções tendem a fugir de soluções construtivas rotineiras, principalmente aquelas empregadas em obras novas, e priorizam o uso de componentes pré-fabricados e independentes, de fácil manipulação e substituição, peças encaixáveis ou conectáveis, fundos falsos, *shafts*, pisos elevados etc. (DEVECCHI, 2010).

3.3. Sustentabilidade e construção civil: o que fica?

Atualmente existe uma incessante busca por pontuar princípios que possam ser facilmente aplicados na criação do projeto arquitetônico e na construção da edificação a fim de torná-los passíveis de serem classificados enquanto sustentáveis – atesta o fato a grande profusão de guias e manuais divulgados como fórmula mágica para a sustentabilidade em diferentes meios de comunicação. Um estudo um pouco mais aprofundado sobre desenvolvimento sustentável e arquitetura / construção sustentável mostra, no entanto, que simplificações são insuficientes e que uma mudança no cenário da construção civil, em especial em relação à redução dos seus impactos negativos, é possível apenas se consideramos a complexidade de todo o setor produtivo com os demais aspectos que lhes dão suporte – as relações econômicas, o meio ambiente, a sociedade, a cultura, a política, a educação. E mais, a mudança desejada está estritamente vinculada e subordinada ao campo de decisões estipulado por uma estrutura de poder socialmente determinada – ou seja, mudanças efetivas e transformadoras serão possíveis mediante a alteração nos modos de decidir “o que”, “como” e “por que” se produz e “como” esta produção é distribuída. Sendo assim, mais uma vez, é reforçada a importância da política e da educação como alavancas para a efetividade de novas propostas e ações. Não mobilizar a política (entendida pelo âmbito da discussão social e da criação de códigos compartilhados) e a educação implica em agir superficialmente em qualquer questão, sem promover as alterações estruturais necessárias.

Partindo para uma abordagem mais técnica da construção civil, a revisão bibliográfica realizada teve como ambição explorar questões que extrapolassem a simples ideia economia de recursos (água, energia, materiais) e de redução de resíduos, justificativa que leva muitos autores a denominarem como sustentáveis edificações onde se aplicam sistemas de aquecimento de água, lâmpadas econômicas e sistemas construtivos modulares, por exemplo, sem tocar em questões mais profundas como o tipo de

material e de trabalho utilizados, o ciclo de vida da edificação, a qualidade ambiental da produção – ou seja, tudo é mantido como está, recebendo apenas uma nova rotulagem.

No que concerne à concepção de novas tecnologias construtivas advoga-se, então, para que se parta de uma visão mais abrangente do setor entendendo a importância e as implicações das decisões realizadas em toda a cadeia de produção, e não apenas analisando a edificação construída enquanto um objeto isolado. Sendo assim, tão importante quanto pensar em sistemas construtivos que garantam a eficiência energética da edificação, economia de materiais, viabilidade, desempenho e construtibilidade é pensar sistemas que fomentem outras relações de trabalho, de inserção com o local, de respeito às diferentes culturas e ao meio ambiente.

É entendido que o design para a continuidade, e tudo o que ele implica, amparado por ferramentas de análise de ciclo de vida pode ser considerado um caminho viável para alterar o modo de conceber o projeto arquitetônico e, consequentemente, o processo de produção da edificação. Ao projetar, o profissional mobiliza toda a cadeia produtiva do setor – a produção de materiais e componentes construtivos, o tipo de ferramenta e maquinário a serem utilizados, a organização do trabalho e os diferentes trabalhadores envolvidos, a forma de ocupação do solo, a geração ou não de resíduos, o uso da água e da energia etc. O projeto é o grande articulador de todas as frentes, e momento em que se define a escala temporal do que será construído – construção, uso, manutenção, reforma, desconstrução, descarte. Ao desenhar o arquiteto define as formas, os tamanhos e os ambientes e ao mesmo tempo a matéria responsável pelo abrigo criado, ainda que de maneira inconsciente. Cada linha do desenho é representativa de um material, um sistema construtivo, um processo de trabalho, um conjunto de saberes e ferramentas, de uma composição de custo, um arranjo produtivo – em outras palavras, é representativo da tecnologia construtiva a ser empregada e de como ela será empregada. Neste sentido, o projeto e o canteiro de obras são indissociáveis, ou deveriam ser[137].

Apesar de focarmos na importância do projeto e do arquiteto, cabe ressaltar que o ato de projetar não é uma ação isolada, desempenhada por uma única pessoa. E aqui se defende, recorrentemente, o compartilhamento das informações e dos modos de pensar o ambiente construído, transformando a responsabilidade de projetar em uma responsabilidade compartilhada – entre os diferentes profissionais

[137] Aqui ressaltamos a importância do projeto arquitetônico como um grande vetor de mudanças no modo de produção do ambiente construído e entendemos a importância e o poder que ele detém quando realizado enquanto plano / planejamento, enquanto "pôr-se à frente". Sabemos, porém, que grande parte do que é construído, em termos habitacionais, segue sem a presença de um arquiteto ou emprega a arquitetura apenas como definição do espaço, isolada de outras questões, ou submetida e engessada pela lógica do mercado. Neste último caso, as decisões relativas ao modo de construir seguem a lógica da produtividade – redução dos custos / dos tempos e aumento do lucro – revelando a separação entre o desenho e o canteiro como partes autônomas. Num momento em que assistimos ao desmonte e à desqualificação de tantos ofícios importantes repensar a função social do arquiteto é fundamental, assim como a sua formação e a sua inserção no mercado de trabalho. Podemos dizer o mesmo sobre a arquitetura.

envolvidos (arquitetos, engenheiros com diferentes formações, mestres de obras, profissionais de canteiro), a comunidade, os usuários, os gestores públicos etc. O projeto e o canteiro passam a articular, assim, todos os profissionais envolvidos na construção de uma edificação.

A análise de ciclo de vida é uma importante ferramenta a ser mobilizada para entender não somente os impactos ambientais de uma solução construtiva, mas também os sociais, econômicos, culturais, políticos etc., tanto na escala temporal quanto espacial, devendo ser aplicada por uma equipe de trabalho multidisciplinar atuando de maneira transdisciplinar.

Diante do exposto não se nega a necessidade fundamental de reduzir o consumo de recursos naturais e diminuir a geração de resíduos, de produzir infraestruturas que garantam dignidade humana, saúde, segurança e bem-estar da população, edificações que sejam energeticamente eficientes e realizem a gestão ecológica da água, o aumento da reciclagem e redução dos desperdícios dos materiais de construção, a melhoria da qualidade do processo construtivo, como apresentado por Agopyan e John (2011). Contudo, é defendido que todas estas ações sejam realizadas a partir de uma postura mais abrangente, por todo o setor da construção, articuladas por um novo modo de conceber o sistema produtivo, e assim, a própria tecnologia construtiva.

CAPÍTULO 4: A questão do baixo carbono

"[...] a energia que menos polui e que geralmente menos custa é aquela que deixa de ser produzida"
(SACHS, 2007, p. 25)

O aquecimento global tem mobilizado a produção de pesquisas por grupos de cientistas de diferentes países a fim de entender as causas das mudanças climáticas, qual é a vulnerabilidade dos sistemas socioeconômicos e ambientais diante delas, quais são as ações necessárias para a mitigação dos seus efeitos e para a adaptação sociopolítica a uma situação de incertezas. Estes são os temas tratados pelo IPCC, principal organização científico-política responsável pela síntese e divulgação de dados e informações relacionadas às mudanças climáticas – já foram seis grandes relatórios de avaliação (*Assessment Reports*[138] – AR), sendo o último deles publicado em 2022 (a síntese do conjunto de documentos será lançada em setembro de 2022, conforme previsão). Em paralelo, existe um importante esforço para a criação e aperfeiçoamento de ferramentas, métodos e *softwares* para a realização dos inventários de carbono e para a simulação de cenários, a depender das posições políticas das diferentes nações diante dos dados apresentados, para a discussão de fontes e formas de financiamento para medidas a favor do clima e para a consolidação de uma política de transparência na divulgação dos avanços realizados por cada país.

Além de todas as informações atualizadas sobre o aquecimento global, a divulgação dos relatórios foi providencial para atestar a ação humana (antropogênica) como causadora e potencializadora das mudanças climáticas. O relatório já era taxativo em 2014, quando afirmava ser o crescimento econômico e o crescimento demográfico os impulsionadores mais importantes do aumento das emissões de gases de efeito estufa decorrentes, principalmente, da queima de combustíveis fósseis (IPCC, 2014). O sexto relatório (AR-6), de 2021, confirmou esta declaração apresentando novos levantamentos.

---

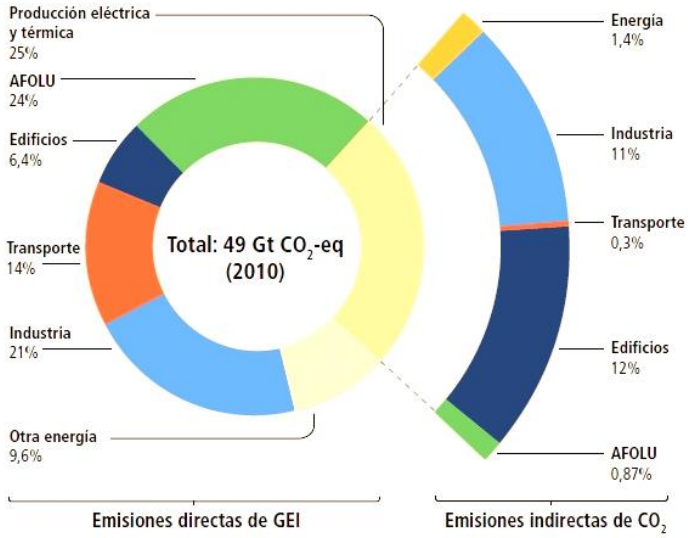
[138] Os relatórios de Avaliação (AR) agrupam a pesquisa de três grupos de trabalho (GTs) com temas específicos, mais um sumário para os tomadores de decisões (um resumo das principais conclusões elaboradas). O GT I avalia os aspectos científicos do sistema climático e as suas alterações. O GT II trata da vulnerabilidade dos sistemas naturais e socioeconômicos às mudanças climáticas, das suas consequências positivas e negativas e das opções para se adaptar a ela. O GT III cuida das opções para mitigar as mudanças climáticas por meio da limitação das emissões de GEE e do aumento das atividades de sua retirada da atmosfera (IPCC, 2014).

A partir de 1750[139], quando da chamada Revolução Industrial, houve um progressivo aumento na concentração de gases na atmosfera. Em 2019, a concentração de CO_2 foi a maior registrada nos últimos 2 milhões de anos. As concentrações de metano (CH_4) e óxido de nitrogênio (N_2O) foram as maiores já registradas em 800 mil anos. Desde o início da industrialização houve um acréscimo de 47% da concentração de CO_2, 156% na de CH_4 e de 23% na de N_2O (IPCC, 2021). Além disso, a concentração de N_2O é próxima à existente entre as eras glaciais e interglaciais, há 800 mil anos atrás. Diante destas informações, o Relatório AR-6 (IPCC, 2021) reitera: é necessária uma ação global para garantir o mínimo de estabilidade climática para o bem-estar humano.

Dados diretamente relacionados às emissões do setor da construção civil são de difícil obtenção, visto a complexidade e a diversidade de atividades que agrega. Por isso, costumam ser parciais e díspares, abrangendo partes da extensa cadeia de produção da edificação, o que pode induzir a falsos entendimentos sobre o seu real impacto para as mudanças climáticas ou justificar ações parciais que criam a ilusão de que algo está sendo feito a favor da estabilidade do clima.

No 5º relatório do IPCC (2014), por exemplo, o gráfico de emissões é dividido nos seguintes setores (Figura 7): Produção elétrica e térmica; Uso do Solo, Mudança de Uso do Solo e Florestas (AFOLU[140]); Edifícios; Transporte; Indústria; outras fontes de energia.

Figura 7 - Emissões antrópicas de gases de efeito estufa por setor econômico no ano de 2010.



Fonte: IPCC, 2014, p. 49.

As emissões relacionadas ao edifício somam 18,4%. Este total refere-se às emissões decorrentes do 1) uso da energia operacional (6,4%) utilizada para o funcionamento dos diferentes equipamentos operados em uma edificação, como lavadoras, secadoras, lâmpadas, elevadores etc.; e 2) da produção da energia

[139] Aqui, novamente, indicamos o livro do Cláudio Angelo, A espiral da morte. O autor explica com detalhes como este mapeamento do aumento da concentração do CO2eq foi realizado, através da retirada de amostras de gelo da Antártida.
[140] AFOLU - *Agriculture, Forests and other land use* (Agricultura, Florestas e outros usos da terra).

elétrica e térmica a ser consumida pelo setor (12%), ainda bastante apoiada em combustíveis fósseis – isso em termos mundiais.

Seguindo esta mesma tendência, um levantamento geral das emissões do setor realizado por Huang *et al*. (2018), com base nos dados do ano de 2009 de 40 países, aponta que 23% do total de emissões de toda a atividade econômica procede do setor da construção (infraestrutura e edificações). Isso equivale a 5,7 bilhões de toneladas de CO_2 emitidos pelo consumo de energia (direta e indireta, baseada predominantemente no consumo de combustíveis fósseis) e usos não energéticos (por exemplo, transformação dos materiais). Também mostra que a intensidade de emissões relacionadas a esta atividade é maior do que o valor médio das demais atividades - 0,67 quilotons / milhão de US$ contra 0,22 quilotons / milhão de US$, sendo as economias emergentes responsáveis por 60% desta emissão, em especial a China.

Do total dos 23% de emissões relacionadas ao setor, 14% decorrem de usos não energéticos, principalmente para a produção de cimento no processo de calcinação do calcário (HUANG et. al, 2018). As demais procedem do uso de energia direta (operacionalização de edificações, principalmente) e indireta (energia usada nas operações de construção, manutenção e demolição, assim como para a produção e fornecimentos de produtos e serviços utilizados nas operações de construção, manutenção e demolição).

Já o relatório do Programa das Nações Unidas para o Ambiente (*United Nations Environment Programme* – UNEP), com base nos dados divulgados pela Agência Internacional de Energia (IEA - *International Energy Agency*) de 2020, aponta que o setor da construção (com foco em edificações) é responsável pelo consumo de 35% da energia gerada e 38% das emissões globais de GEE. Os números correspondem a edificações de uso residencial e não residencial, contabilizando suas emissões diretas e indiretas, e as emissões correspondentes à indústria de produção dos materiais construtivos, como cimento, aço e vidro. É importante destacar que se trata de emissões relacionadas ao consumo de energia.

Diante da divulgação de números como estes, parte da ação do setor se volta para a economia de energia operacional ou direta e a substituição da matriz energética de fóssil para a renovável, principalmente nos países de inverno rigoroso – resultado são os muitos trabalhos sobre estratégias passivas de conforto ambiental, edificação eficiente, *zero carbon house*, equipamentos eficientes, desenvolvimento de painéis solares, aquecedores solares, entre tantos outros temas importantes e necessários.

No entanto, é preciso manter um olhar sistêmico sobre o setor que é constituído por atividades tão difusas: parte dos materiais transformados pela indústria são utilizados pela construção civil, com

destaque para o cimento e o aço. Ainda, a extração de matérias primas realizada pela mineração (bauxita, minério de ferro, calcário, argila, areia) impacta nos números das emissões de GEE contabilizadas em Uso do Solo, Mudança de Uso do Solo e Florestas (AFOLU), assim como aa atividades de extração da madeira, ocupação do solo por cidades e os depósitos de resíduos. A cadeia de produção da construção civil também mobiliza extensivas etapas de transporte – da matéria prima para a indústria de transformação; da indústria para as lojas de revenda (quando ainda não são encaminhadas para outra indústria de transformação); das lojas para os consumidores; da edificação para aterros de resíduos sólidos ou lojas de revenda de materiais de demolição.

Já o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), iniciativa do Observatório do Clima, divide as emissões brasileiras nos seguintes setores: 1) energia, 2) agropecuária, 3) processos industriais, 4) resíduos e 5) uso da terra, mudança do uso da terra e florestas. Apesar de não destacar a edificação, a construção civil tem implicações diretas em todos os setores, com exceção da agropecuária. Ressalta-se, ainda, que o SEEG considera as emissões provenientes dos resíduos de todas as categorias – resíduos sólidos urbanos, resíduos da construção e demolição, efluentes líquidos domésticos e industriais, incineração de resíduos – não contabilizados diretamente pelo IPCC.

Diante do exposto, o objetivo deste capítulo é contribuir para a formação de uma visão mais abrangente da produção da edificação em relação às suas emissões com o propósito de discutir posturas contundentes ao desenvolvimento de uma tecnologia construtiva de baixo carbono. Inicia pelo mapeamento dos principais fóruns de discussão sobre o aquecimento global e quais são as suas metas; analisa as ações brasileiras e os principais inventários de carbono do país, verificando em quais áreas estão seus maiores esforços; e apresenta as principais discussões do setor sobre tecnologia de baixo carbono, em âmbito nacional e internacional. Em um segundo momento, analisa a discussão sobre a questão de carbono na construção civil, em especial no setor das edificações, suas principais abordagens, fragilidades e potencialidades.

4.1. UNFCCC, COP, Protocolo de Quioto e Acordo de Paris – marcos na discussão internacional

A questão das alterações climáticas evidenciou a necessidade de uma ação coletiva para além das fronteiras de cada nação – uma demanda presente nas discussões sobre sustentabilidade. A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança no Clima (UNFCCC - *United Nations Framework Convention on Climate Change*) foi formada e assinada em 1992, no Rio de Janeiro, durante a Cúpula da Terra, entrando em vigor em 1994. A partir de 1995, deu-se início às conferências anuais sobre as mudanças do clima, conhecidas como COPs (Conferência das Partes). Trata-se de um espaço para a

discussão e negociação entre os signatários da UNFCCC sobre como avançar diante das alterações climáticas, e, principalmente, manter a temperatura global em um nível menos agressivo à adaptação humana, ou seja, um aumento máximo entre 1,5°C a 2°C em relação à temperatura pré-industrial. Hoje, 187 países, ou Partes, assinam a Convenção (de um total de 193 hoje reconhecidos pela ONU).

Todas as decisões da COP são coletivas e consensuais e só passam a valer se aceitas unanimemente por todas as Partes. Uma vez convencionada, a decisão passa a ser soberana e deve ser discutida pelas instancias legislativas de cada país para a sua transformação em leis e políticas públicas – em termos jurídicos, trata-se do caráter legalmente vinculante do acordo (SOUZA; CORAZZA, 2017). Na discussão sobre o clima, os principais acordos mundiais foram o Protocolo de Quioto, de 1997, e o Acordo de Paris, de 2015 – ambos de caráter legalmente vinculante.

O Protocolo de Quioto instituiu metas para a redução da emissão de carbono: os chamados países desenvolvidos / industrializados, indicados no Anexo B do documento, seriam responsáveis pela redução das emissões de seis diferentes tipos de GEEs em, pelo menos, 5,2% até o ano de 2012, tendo como referência as emissões do ano de 1990. Os países em desenvolvimento, entre eles o Brasil, poderiam aderir ao tratado sem metas pré-estabelecidas (UNFCCC, 1997).

A não obrigatoriedade de participação dos países em desenvolvimento no atendimento às metas foi considerada uma estratégia importante para garantir, ou promover, o seu crescimento econômico e desenvolvimento social – uma incoerência, visto que o modelo de desenvolvimento a ser perseguido é justamente aquele que reforça o aquecimento global. Esta decisão partiu, ainda, do entendimento de que a maior responsabilidade pelo acúmulo de emissões na atmosfera era dos países desenvolvidos, motivo pelo qual eles deveriam ser protagonistas em medidas para a redução das emissões e atuar no desenvolvimento das tecnologias limpas para auxiliar no desenvolvimento dos países em processo de industrialização – o "princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada" (PRCD).

As principais medidas estabelecidas pelo acordo foram:

> (a) Implementar e/ou aprimorar políticas e medidas de acordo com suas circunstâncias nacionais, tais como:
>
> (i) O aumento da eficiência energética em setores relevantes da economia nacional;
>
> (ii) A proteção e o aumento de sumidouros e reservatórios de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, levando em conta seus compromissos assumidos em acordos internacionais relevantes sobre o meio ambiente, a promoção de práticas sustentáveis de manejo florestal, florestamento e reflorestamento;
>
> (iii) A promoção de formas sustentáveis de agricultura à luz das considerações sobre a mudança do clima;
>
> (iv) A pesquisa, a promoção, o desenvolvimento e o aumento do uso de formas novas e renováveis de energia, de tecnologias de sequestro de dióxido de carbono e de tecnologias ambientalmente seguras, que sejam avançadas e inovadoras;
>
> (v) A redução gradual ou eliminação de imperfeições de mercado, de incentivos fiscais, de isenções tributárias e tarifárias e de subsídios para todos os setores emissores de gases

> de efeito estufa que sejam contrários ao objetivo da Convenção e aplicação de instrumentos de mercado;
>
> (vi) O estímulo a reformas adequadas em setores relevantes, visando a promoção de políticas e medidas que limitem ou reduzam emissões de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal;
>
> (vii) Medidas para limitar e/ou reduzir as emissões de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal no setor de transportes;
>
> (viii) A limitação e/ou redução de emissões de metano por meio de sua recuperação e utilização no tratamento de resíduos, bem como na produção, no transporte e na distribuição de energia;
>
> (b) Cooperar com outras Partes incluídas no Anexo I no aumento da eficácia individual e combinada de suas políticas e medidas adotadas segundo este Artigo, conforme o Artigo 4, parágrafo 2(e)(i), da Convenção (UNFCCC, 1997, p. 5).

Neste cenário de "cooperação" entre as Partes foi estabelecido o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) visando instituir formas de redução e de captura de GEEs, como tecnologias voltadas à substituição da matriz energética fóssil, sua captura em aterros ou por florestamento e reflorestamento de áreas degradadas[141] - ou seja, resolver por meio de novas tecnologias os sintomas, não as causas do aumento dos GEEs. Foi discutida e proposta, ainda, a criação do mercado de carbono, iniciativa para o comércio de emissões onde se transformou, formalmente, a poluição em uma nova mercadoria (FURTADO[142], 2012). A partir deste momento, quem polui mais pôde comprar crédito de quem polui menos do que o estabelecido nos acordos internacionais.

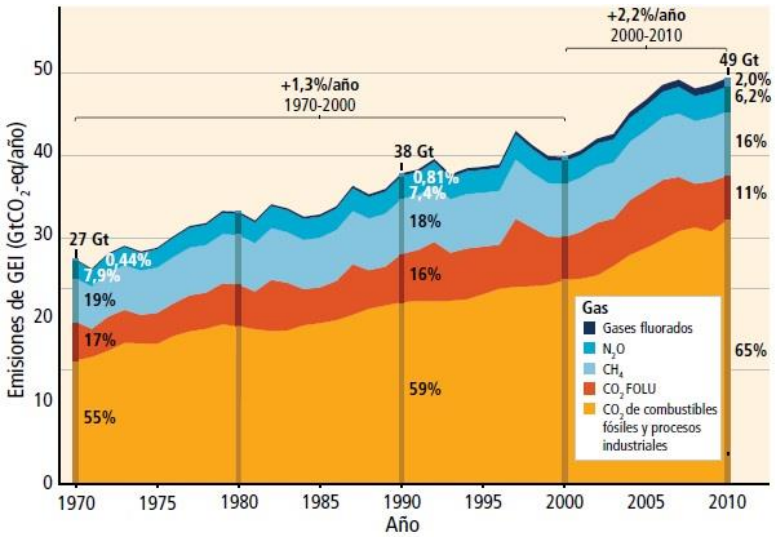
O Protocolo, ratificado apenas em 2005, expirou em 2012 com resultados irrisórios. No período estabelecido houve o aumento das emissões, chegando à concentração de 49 $GtCO_{2eq}$ em 2010, um aumento gradativo de 2,2% ao ano em relação ao ano 2000, conforme pode ser observado na Figura 8. Comparando com o ano de 1990, houve o acréscimo de 11 $GtCO_{2eq}$ no período de 20 anos (IPCC, 2014). De acordo com Souza e Corazza (2017), uma das possíveis causas para tal resultado foi o caráter vinculante do acordo, seja pelo não engajamento dos grandes emissores, pela morosidade das ações, ou pela falta de mecanismos globais para cobrar ações efetivas dos países envolvidos.

---

[141] Ainda no que diz respeito aos mecanismos propostos pelo Protocolo de Quioto, mantidos posteriormente pelo Acordo de Paris, as duas principais ações propostas estabeleceram a necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa equivalentes, e o aumento das remoções destes mesmos gases por sumidouro (UNFCCC, 1997) nos setores de energia (produção, abastecimento e consumo), transportes, processos industriais, uso de solventes / outros produtos, agricultura, florestas e resíduos.

[142] O trabalho de Fabrina Furtado (2012), Ambientalismo do Espetáculo: a economia verde e o mercado de carbono no Rio de Janeiro, faz um resumo sobre o processo de transformação de natureza em mercadoria resultado das discussões mundiais sobre o aquecimento global, geradora da Economia Verde. Apresenta o processo histórico para a formação do mercado de carbono e revela, através de estudo de caso, quais são os verdadeiros resultados desta escolha social instituída. Sob orientação de Henri Acselrad, a autora desenvolveu a tese "Em Nome do Clima: instituições e práticas da ambientalização das finanças no Brasil" onde discute a construção social da noção de crise climática e como superá-la através dos mesmos mecanismos que a criaram – ou seja, a mercantilização e a financeirização da crise.

Figura 8 - Emissões antropogênicas de GEE do período de 1970 a 2010 medidos em gigatonelada de CO2 equivalente ao ano (GtCO2eq/ano).



Fonte: IPCC, 2014, p.05.

A estratégia de atribuir metas apenas aos países desenvolvidos foi, praticamente, uma permissão para que os demais países promovessem seu crescimento econômico sem a preocupação com a poluição e a emissão de gases – seguindo o modelo dos países desenvolvidos, mas agora conscientes dos prejuízos a serem compartilhados por todos. Outro desdobramento evidente desta postura a ser apontado: se antes as indústrias dos países ricos migravam para os pobres em busca de abundância de mão de obra barata, recursos naturais e energia, agora podiam se livrar dos passivos ambientais transferindo parte de sua emissão para outro país.

Alicerçado nesta mesma lógica está o mercado de carbono. De acordo com Furtado (2012), esta estratégia acabou por transformar a questão ambiental em uma nova oportunidade de negócio ao dar preço à poluição - agora parte do processo de produção, através da internalização[143] dos custos ambientais[144]. Este movimento permitiu que o meio ambiente assumisse o papel de provedor de serviços ambientais consumidos por usuários, não mais por sujeitos de direito. A definição e a regularização do meio ambiente pelo mercado passaram a seguir a lógica da acumulação – por isso, incorporando todas as suas contradições -, promovendo a despolitização da questão ambiental, em especial sobre a emissão

[143] Internalizar os custos ambientais significa corrigir as imperfeições de mercado.

[144] Henri Acselrad, no artigo "Internalização de custos ambientais: da eficácia instrumental à legitimidade política", discute o percurso do meio ambiente enquanto ônus econômico à oportunidade de negócio e todos os problemas e contradições enfrentados neste processo de precificar a natureza e os seus "serviços". Demonstra, assim, as falhas fundamentais deste processo e como ele, mais uma vez, colabora para a manutenção do *status quo* sem questionar o modo de produção e as instâncias de decisões. Trata-se de uma importante referência para pensar a relação entre o meio ambiente e a sua transformação em produto, e como o mercado falha bravamente em promover a justiça ambiental por intermédio do sistema de preços. Para o autor, algum avanço na discussão da proteção ambiental / sustentabilidade deve passar, necessariamente, pela criação de instituições democráticas alicerçadas em valores de desenvolvimento socialmente justo e ecologicamente benigno, limitando politicamente o poder do mercado – o mercado deve se submeter à política, não o contrário (ACSELRAD, 1995).

de GEE. Ou seja, o combate à degradação ambiental foi estipulado pela venda de produtos ambientais, resultando na legitimação do direito de poluir, mantendo o *status quo* sob a falsa aparência de ambientalmente responsável. Em resumo:

> Legitima-se o direito de poluir. Questões fundamentais, como a causa da geração da poluição, seus impactos socioambientais e mudanças estruturais de longo prazo, são ignorados, primeiro, quando se permite continuar poluindo através da compra de créditos, e, segundo, quando se pode lucrar com a poluição, através da venda de créditos e dos serviços financeiros criados para sustentar o mercado. Dentro da lógica economicista do custo-benefício, são sempre as empresas mais poluidoras, ou seja, as que mais precisam mudar a sua forma de produzir, que acabam comprando créditos de poluição, sendo esta a "solução" mais barata. Além de serem desestimuladas a promover mudanças estruturais, estas são, em geral, empresas de energia que passam o custo da compra de créditos para os consumidores (FURTADO, 2012, p. 49).

A extensão (ou não) do prazo do Protocolo de Quioto foi seguida de muita discussão, uma vez que no período de sua vigência houve a alteração no perfil das emissões com a consolidação de novos principais poluidores, como apresentado por Souza e Corazza (2017). Se na década de 1990 os países desenvolvidos eram responsáveis pela emissão corrente de 65,35% dos gases, em 2012 esta porcentagem caiu para 44,82%, número bastante próximo das emissões relacionadas ao grupo formado pelo Brasil, África do Sul, Índia e China (grupo BASIC), contabilizada em 36,19%.

Ainda que os países desenvolvidos continuassem a ser responsáveis pelo maior porcentual de emissões acumuladas entre 1850 – 2012[145], a partir de 2009 os Estados Unidos, principalmente, passaram a questionar a validade do Protocolo e a necessidade dos países emergentes assumirem novas responsabilidades perante o mundo o que, entre outras coisas, pressupunha investimentos, pesquisas e ações para a redução das emissões, mitigação e adaptação ao clima – muitas delas entendidas como barreiras ao pleno desenvolvimento da economia e um fator de desequilíbrio na competitividade do mercado internacional a favor dos países em desenvolvimento (VIOLA; BASSO, 2016).

Neste contexto se propôs a substituição das metas do Protocolo de Quioto pelas chamadas iNDC (*intended Nationally Determined Contributions*, ou pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada). As iNDCs de cada país foram apresentadas durante a COP21, como parte do Acordo de Paris e, em 2016, deixaram de ser pretendidas para tornarem-se metas com prazos estabelecidos – as NDCs (*Nationally Determined Contributions*, ou Contribuição Nacionalmente Determinada).

Como o próprio nome diz, as Contribuições Nacionalmente Determinadas representam um esforço voluntário de cada país para a definição de metas, de acordo com seu contexto e suas possibilidades, a partir de 2020. No entanto, esta postura permitiu a interpretação particular de cada país sobre a sua

[145] Os países desenvolvidos são responsáveis por 68,59% das emissões históricas de GEEs, entre os anos de 1850 e 2012. Já o resto do mundo soma 31,41% das emissões. Estes números não computam emissões relacionadas a AFOLU (SOUZA; CORAZZA, 2017).

condição de poluidor (ou não) e, mais grave, deixou ao cargo individual, a nível de nação, uma responsabilidade de cunho coletivo cujos efeitos atingirão a vida de todas as pessoas, com maior impacto àquelas já bastante prejudicadas pela distribuição desigual das benesses do desenvolvimento[146]. Diferente do momento da assinatura do Protocolo de Quioto, na assinatura do Tratado de Paris já havia sido realizada a divulgação de dois importantes relatórios do IPCC atestando a urgência de transformações imediatas na organização da economia, em especial, na matriz energética e no modo como se produz e se utiliza a energia.

Uma avaliação prévia das iNDCs realizada em 2016 pela Fundação Ecológica Universal (FEU-US), *The truth about climate change* (WATSON *et al*., 2016), antes de se tornarem NDCs, já atestava a insuficiência das propostas (*162 climate pladges*) apresentada pelos 189 países, uma vez que, se cumpridas plenamente, elas reduziriam a trajetória do aumento das emissões, mas seriam insuficientes para evitar o aumento de 1,5°C em 2030, e de 2°C em 2050[147]. Como exemplo, pode-se citar que em 2014 as emissões atingiram 54 $GtCO_2eq$ e que a meta apresentada mantém esta emissão para 2030, quando deveria reduzi-la em 22%. Em novo relatório de 2019, *The truth behind the climate pledges*, as emissões deveriam ser reduzidas para $27GtCO_2eq$ – uma ambição entre duas e três vezes maior do que está sendo proposta pelo conjunto dos países (WATSON *et al*., 2019).

Soma-se ao conservadorismo das propostas a grande dependência entre diferentes países (69% deles) de auxílio internacional para o cumprimento de suas metas (são as chamadas metas parciais ou totalmente condicionadas), seja ele financeiro, tecnológico ou institucional. E, por serem de caráter voluntário, ainda são dependentes da política interna de cada país para a sua implementação e prática. Watson *et al*. (2016) chamam, ainda, a atenção para o predomínio das metas focadas nas emissões relacionadas à produção de energia quando há outros setores de fundamental importância, principalmente aqueles relacionados ao uso da terra, e à alteração do uso da terra, como é o caso do Brasil.

---

[146] Uma fala bastante clara sobre esta discussão pode ser acompanhada pela apresentação da FAPESP, quando da discussão dos resultados do Grupo de Trabalho II do Sexto Relatório do IPCC (IPCC, 2022) sobre impactos, adaptação e vulnerabilidades mundiais diante das mudanças climáticas. A apresentação, análise e discussão dos pesquisadores convidados pode ser acompanhada no link <https://www.youtube.com/watch?v=pusHlS0wSEA>.

[147] Viola e Basso (2016, p.14) também fizeram uma análise sobre a insuficiência das metas estipuladas pelas iNDCs. Entre as justificativas estão: "[...] os países apresentaram metas meramente voluntárias, e não obrigatórias, de redução de emissões, que, se totalmente implementadas, conduziriam o aumento da temperatura global a 2,7 graus centígrados no longo prazo; o sistema de monitoramento da implementação das metas é fraco, portanto não há garantia de implementação; a revisão das metas, a ser feita a cada cinco anos, não obriga os países a aprofundarem seus compromissos; o conceito de descarbonização foi eliminado do acordo, e também inexiste referência ao fim dos subsídios aos combustíveis fósseis, condição necessária para que a descarbonização global seja efetiva; o acordo fala em transferência de recursos de países desenvolvidos aos pobres – economias emergentes, com exceção da China, negaram-se –, mas o montante é pequeno e o acordo não esclarece que parcela teria fontes públicas (os únicas que poderiam ser cobradas)".

O Brasil, apesar de ratificar o documento, vem consolidando uma política totalmente contrária as suas metas, seja extinguindo importantes órgãos de fiscalização ambiental, alterando a legislação de modo a reduzir a proteção de importantes biomas, colaborando para a sua destruição, não agindo de forma rápida e eficaz no controle de queimadas, ou aumentando a carga tributária em soluções de energia renovável (NICOLAV, 2020; PRIZIBISCZKI, 2021).

Para Viola e Franchini (2012), os espaços criados pela ONU para a discussão do futuro da humanidade são insuficientes e demonstram os limites do sistema de governança internacional representado pela própria organização. A análise dos autores tem como referência o evento Rio+20, mas ainda é extremamente válida para o que se vivencia hoje, porque nos eventos promovidos para a discussão do clima têm predominado a postura de "soberania" nacional acima de um compromisso de ordem global. Isso leva, inevitavelmente, a posturas conservadoras frente aos atuais desafios enfrentados.

Pesa, ainda, o sistema de decisões baseado em consenso universal que resulta em um mínimo denominador comum, travando, por conseguinte, qualquer negociação mais robusta, mantendo os interesses de grupos privilegiados sem alterar a estrutura de poder consolidada (VIOLA; BASSO, 2016). Sem contar a diferença de poder entre as nações envolvidas (tendo as grandes potências o direito de veto sobre decisões acordadas) e a ausência de um sistema forte de cobrança e de penalidades pela quebra de compromissos globais.

A governança global necessária requer, em caráter de urgência, a cessão da soberania a favor de acordos intergovernamentais de ordem cooperativa para a preservação das fronteiras planetárias[148] (VIOLA; BASSO, 2016; VIOLA; FRANCHINI, 2012). O desafio atual é mais de caráter geopolítico que tecnológico. As mudanças climáticas demandam posturas que rompam com o *status quo*, de estratégias de longo prazo que exigem concessões do presente a favor de condições menos severas no futuro – ou seja, assumir os custos de medidas e respostas agora para reduzir os impactos das mudanças climáticas.

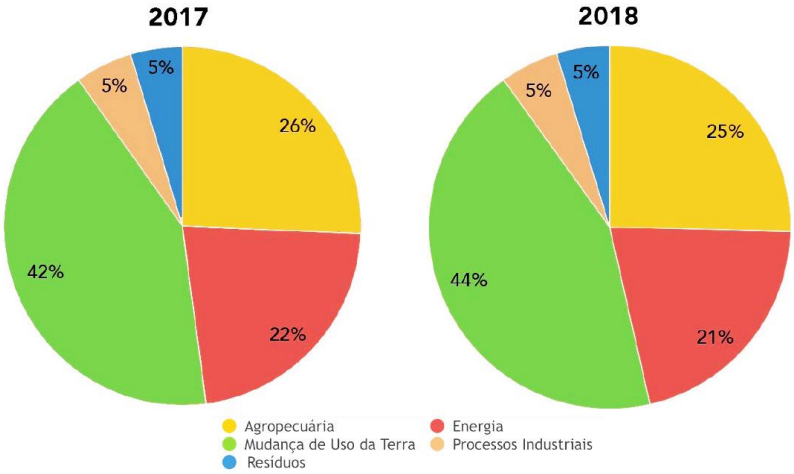
O fato é que nenhuma ação individual (à nível nacional), isenta de discussões mais profundas sobre o atual modo de produção, será capaz de frear a escalada rumo ao aquecimento global – ou seja, e de acordo com Marques (2018), há a necessidade de redefinir, qualitativamente, a estrutura e as prioridades políticas e econômicas da sociedade a favor da biosfera numa outra escala de tempo. E, ainda, é

[148] Fronteiras planetárias é um conceito proposto por Johan Rockström e outros 26 importantes cientistas (ROCKSTRÖM et. al, 2009) que estabelece quais são os limites seguros de interação do homem com a biosfera a fim de manter resilientes as condições que garantem a sobrevivência humana e das demais espécies. Seriam nove fronteiras, as sete primeiras delas com limites máximos quantificados pelos autores: 1) concentração de CO_2 e mudança climática; 2) acidificação do oceano; 3) ozônio estratosférico / camada de ozônio; 4) fluxos biogeoquímicos de nitrogênio e do fósforo; 5) uso global de água doce; 6) mudança de uso do solo; 7) perda de biodiversidade; 8) poluição por aerossóis; e 9) contaminação química. Segundo os autores a humanidade já rompeu três destas fronteiras: os fluxos biogeoquímicos de nitrogênio, utilizados principalmente como fertilizantes, a estabilidade do clima e a perda de biodiversidade. Todas estas fronteiras são consideradas como sistemas interdependentes, ou seja, a perturbação ou superação de uma delas afeta, consequentemente, as demais.

fundamental uma postura de governança global contra a extrema concentração de poder, a qual determina todas as decisões de um Estado Nação a favor de corporações - portanto, para a continuidade dos atuais padrões de produção, consumo e acumulação, amparados no extensivo uso de combustíveis fósseis, subsidiados, inclusive, por parte dos Estados para serem economicamente viáveis.

A política climática do Brasil, por sua vez, se baseia em dois acordos principais: 1) a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), de 2009, estabelecida no âmbito do Protocolo de Quioto com metas a serem cumpridas até 2020; e 2) as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), de 2015, parte do Acordo de Paris, com metas para 2025 e 2030. Diferente de muitos outros países, onde as emissões de GEE estão mais relacionados ao uso de combustíveis fósseis, aqui o maior porcentual de emissões está relacionado ao uso da terra, alteração do uso da terra e ao desflorestamento. Entre as razões para tanto estão a matriz energética elétrica preponderantemente hidráulica e o uso de etanol como opção à gasolina, além de outros biocombustíveis[149]. Quando os dados desconsideram o desmatamento, a agropecuária assume o primeiro lugar nas contribuições, resultado da "vocação econômica" assumida pelo país (ver Figura 9).

Figura 9 - Emissões por setor econômico brasileiro em 2017 e 2018.



Fonte: ANGELO; RITTL, 2019, p.05.

[149] É importante ter um olhar atento a esta informação. A energia hidráulica é apenas uma das fontes utilizadas pelo país e ela ocupa um nicho específico – a geração de eletricidade. Trata-se da terceira fonte primária de energia mais utilizada, antecedida pelo petróleo e derivados e a biomassa (principalmente bagaço de cana de açúcar e a lenha). 72% das emissões ainda estão relacionadas ao uso do petróleo no país (IEMA, 2015). Os relatórios oficiais brasileiros apontam, por sua vez, que mesmo dentro de subsetor de produção de eletricidade está havendo uma redução da contribuição da matriz hidráulica – se nos anos 2000 ela representava 87,2% da produção, em 2013 passou para 68,6% (IEMA, 2015). A despeito da variação habitual da contribuição da energia hidráulica em decorrência das condições climáticas, está havendo um aumento na demanda energética do país. O mesmo relatório aponta que houve um aumento na participação do uso das usinas termelétricas à combustão (de 8,8% em 2000, a 20,6% em 2013), em parte para suprir o aumento da demanda, em parte devido à períodos prolongados de seca que reduziram a capacidade das usinas hidrelétricas. Trata-se de uma expansão prevista pelo Plano Decenal de Expansão da Energia (PDE), o qual, em 2013, já projetava um aumento da proporção da energia térmica na capacidade instalada para 2023 – 22,1% dos 191,167MW, sendo 7,3% de biomassa e 14,8% de térmicas fósseis (IEMA, 2015).

Devido a esta condição, as NDCs brasileiras se referem, principalmente, à questão do uso da terra e do desmatamento:

> i) reduzir as emissões de GEEs em 37% até 2025 (em relação aos níveis de 2005), podendo chegar a 43% até 2030;
> ii) baixar em 100% o desmatamento ilegal até 2030;
> iii) restaurar 12 milhões de hectares de floresta até 2030;
> iv) alcançar 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 (IPEA, 2019, p. 39).

Por sua vez, a PNMC, descreve os seguintes compromissos:

> I - redução de oitenta por cento dos índices anuais de desmatamento na Amazônia Legal em relação à média verificada entre os anos de 1996 a 2005;
> II - redução de quarenta por cento dos índices anuais de desmatamento no Bioma Cerrado em relação à média verificada entre os anos de 1999 a 2008;
> III - expansão da oferta hidroelétrica, da oferta de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas, pequenas centrais hidroelétricas e bioeletricidade, da oferta de biocombustíveis e do incremento da eficiência energética;
> IV - recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas;
> V - ampliação do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em 4 milhões de hectares;
> VI - expansão da prática de plantio direto na palha em 8 milhões de hectares;
> VII - expansão da fixação biológica de nitrogênio em 5,5 milhões de hectares de áreas de cultivo, em substituição ao uso de fertilizantes nitrogenados;
> VIII - expansão do plantio de florestas em 3 milhões de hectares;
> IX - ampliação do uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de metros cúbicos de dejetos de animais; e
> X - incremento da utilização na siderurgia do carvão vegetal originário de florestas plantadas e melhoria na eficiência do processo de carbonização (BRASIL, 2018).

Em outro documento importante, Proposta Inicial de Implementação da Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil (NDC), de maio de 2018, e redigido pelo Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC), há ações previstas, em detalhes, para os setores: 1) florestas, agricultura e pecuária; 2) transporte e mobilidade; 3) cidades e resíduos; 4) energia elétrica e indústria. Cada ação foi seguida de sua contribuição para a redução das emissões, em termos quantitativos. Ao final, os autores apresentaram dois cenários prováveis para o Brasil: no primeiro, chamado de Cenário Equilibrado (CE), são consideradas como implementadas todas as metas de redução (-649,9 MtCO2eq num cenário de referência de 1,84 $GtCO_2eq$) levando o Brasil a atingir 1,19 $GtCO_2eq$, cumprindo seu compromisso mundial em 2030. As principais ações pressupõem a drástica redução da queima de combustíveis fósseis (mudança da matriz energética) e a redução do porcentual de metano emitido pelo gado – este último, excluído das metas oficiais da PNMC.

Se não cumprido, os autores propõem uma segunda opção chamada Cenário AFOLU (CA) – quando deve ser realizado um esforço adicional para a redução do desmatamento ilegal. Mas, ainda que realizada esta redução, com base nas estimativas, o Brasil não conseguiria atingir a sua meta global, ficando em 1,4 $GtCO_2e$.

O documento também demonstra sua preocupação com os resultados da atual política de contenção dos gastos públicos (Emenda Constitucional 95) e as consequências para o setor ambiental levada adiante e potencializada, negativamente, pela gestão Bolsonaro (2019 – 2022) em ações como: o enfraquecimento da estrutura de importantes órgãos fiscalizadores como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio); a manutenção e o acirramento da falta de fiscalização ambiental nos diferentes estados; a conivência com as práticas de grilagem; a alteração da estratégia de desmatamento, agora por áreas menores, mais difíceis de serem monitoradas; o enfraquecimento da legislação ambiental e o crescente entrave às ações dos órgãos ambientais (FBMC, 2018). Há de destacar, ainda, medidas que permitem a ocupação, exploração e venda de terras indígenas ainda não homologadas pela presidência (Instrução Normativa nº 9/2020), estimulando o desmatamento, quando deveria ser priorizada a ampliação de áreas de reflorestamento e na proteção de áreas protegidas e terras estatais florestadas, colaborando para a proteção às populações indígenas – seja com o objetivo de reduzir as emissões ou como forma de explorar de outras maneiras a riqueza da floresta, sem destruí-la (SILVA; SOUZA, 2020).

Este texto sobre as NDCs brasileiras, organizado pelo FBMC (2018), foi redigido com a participação de atores de diferentes esferas: governo, setor empresarial, terceiro setor e academia, e divulgado permanecendo em aberto para contribuições. Na abertura das sessões, para cada setor, é dada uma visão abrangente sobre o que seria necessário para avanços sistêmicos. As ações estabelecidas, por sua vez, são parciais e dão atenção especial àquelas relacionadas à energia – eficiência e novas fontes. Entre as justificativas para tanto está a necessidade de consenso entre as partes, estabelecido na medida do possível e não do necessário, e a maior facilidade em implementar medidas relacionadas à energia – fáceis de serem quantificadas, economicamente interessantes.

A análise realizada pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa – SEEG em relação aos anos 2018 e 2019 (respectivamente ALBUQUERQUE *et al*., 2020; ANGELO; RITTL, 2019) sobre as metas do Brasil apresenta outros dados preocupantes: de princípio, o cenário tendencial de emissões, aquele projetado para servir de baliza para as reduções até 2020 na PNMC, foi inflado. O governo trabalhou com a previsão de emissão de 3,267 bilhões de toneladas de CO_2 equivalente para 2020, prevendo o crescimento do PIB em 5% ao ano, e se utilizando de combustíveis fósseis para o atendimento a demanda adicional de energia, caso não houvesse uma política pública energética adequada – algo pouco realista tanto em termos econômicos quanto energéticos num país de hidrelétricas e biocombustíveis.

Também existe a fala, por parte de autoridades do governo federal, de que o Brasil teria cumprido antecipadamente suas metas já em 2015, ano da adoção das NDCs. O argumento era de que o país

havia reduzido 35% de suas emissões, em relação à 2005, muito provavelmente devido à redução do desmatamento entre os anos de 2005 e 2012. Desta forma, seria necessário reduzir apenas 2% para atingir a meta de 37% em 2025.

Apesar desta postura, as previsões realizadas pelo SEEG para 2020 já apontam que o Brasil falhou em sua meta de redução, mesmo diante de projeções infladas. Em 2019, as emissões nacionais já eram 4% superiores ao limite mais ambicioso da PNMC e estavam pareadas com o limite menos ambicioso (ALBUQUERQUE *et al*., 2020). Considerando as queimadas florestais de 2020 em conjunto com a flexibilização das leis ambientais, é esperado que o Brasil fracasse no cumprimento de suas metas, já que boa parte das reduções de emissões dependeriam de ações no setor do uso da terra[150].

Cabe reforçar que o Brasil é o sexto maior emissor de GEEs, responsável por 3,2% do total de emissões mundiais (ALBUQUERQUE *et al*., 2020), e está entre as 20 maiores economias do planeta. Sem a sua participação efetiva e o entendimento dos impactos decorrentes dos diferentes setores econômicos do país, a meta de frear o aumento da temperatura média global não será atingida. E, apesar da manutenção da Floresta Amazônica ser apontada como essencial para a estabilidade mundial do clima, ações em outras áreas são igualmente importantes, muitas delas influenciando diretamente o seu não desmatamento. Estudos apontam que, desconsiderando as mudanças do uso da terra e florestas, as emissões brasileiras estão em permanente crescimento – cresceram 77,2% desde 1990, e 9,2% desde a PNMC (ALBUQUERQUE *et al*., 2020). Depois de um período de pareamento o país voltou a aumentar a intensidade de carbono da economia – 3% entre 2018 e 2019 (ALBUQUERQUE *et al*., 2020) -, continuando a aumentar em 2020 (POTENZA *et al*., 2021), o que revela que estamos gerando menos riqueza para cada tonelada de CO_2 emitida: "[...] se em 2019 o país gerava US$ 1.199 por tonelada de CO_2eq emitida, esse valor caiu para US$ 1.050 em 2020" (POTENZA *et al*., 2021, p. 09).

Toda esta discussão revela a falta de comprometimento do país em relação às mudanças climáticas, postura compartilhada por muitos outros países, e a resistência em alterar o modo de proceder, de buscar soluções diferenciadas que permitam o equilíbrio da economia a favor do planeta e de sua população, como já discutido no capítulo 1 quando da tecnologia.

[150] "Entre os argumentos usados pelas autoridades do governo federal estão alguns dados já discutidos neste relatório, como a suposta restauração de 10,4 milhões de hectares de pastagens degradadas, e o suposto cumprimento "antecipado" das políticas de apoio à NDC no setor de energia, como o atingimento dos percentuais de 45% de renováveis e de 33% de renováveis não-hídricas na matriz. O governo também alega que o país já havia reduzido em 35% suas emissões em 2015, ano de adoção da NDC, em relação a 2025 – insinuando que estaria a apenas dois pontos percentuais de entregar a meta de 37% de redução da NDC que, no entanto, é saudada como "uma das mais ambiciosas do mundo" por autoridades federais" (ANGELO; RITTL, 2019, p.22).

4.2. O baixo carbono na construção civil – discussão predominante

Fora do âmbito político e econômico, mas sempre associado a ele, existe o campo da aplicação prática das questões que mobilizam a sociedade – agora relacionadas ao aquecimento global, através da discussão de baixo carbono. O objetivo deste subcapítulo é entender como a questão do baixo carbono é discutida e materializada na concepção e aplicação das tecnologias da construção, particularmente para o subsetor de edificações.

4.2.1. A relação entre produção e uso de energia e a emissão de GEE

Para esta etapa da pesquisa, elaborada por meio da revisão bibliográfica, foi realizada uma extensiva busca por termos que relacionassem baixo carbono e construção civil em periódicos: tecnologia de baixo carbono (*low carbon technology*), tecnologia construtiva de baixo carbono (*low-carbon building technology*), arquitetura de baixo carbono (*low carbon architecture*), edificação de baixo carbono (*low carbon building*), construção de baixo carbono (*low carbon construction*), materiais de baixo carbono (*low carbon material*), habitação zero carbono (*zero carbon home*)[151]. O termo "Tecnologia construtiva de baixo carbono" não foi encontrado.

É importante ressaltar que nenhum artigo consultado explicita o que significa "baixo carbono" relacionado à edificação, construção, tecnologia, ou ao material construtivo, mas fica implícito que qualquer solução que reduza o consumo de energia, e assim as emissões de GEEs associados, não importa em qual medida, pode ser classificada como "solução de baixo carbono". Ou seja, a forma como o conceito de baixo carbono é predominantemente empregado, tendo como base as referências pesquisadas, tem relação direta com as fontes de energia (tipo de combustível empregado, fóssil ou renovável) e com o nível de consumo de energia (eficiência energética).

Luo *et al*. (2019), através da revisão holística da literatura e análise cienciométrica dos resultados, definem *edificação de baixo carbono* como aquela projetada considerando a redução das emissões de GEE por meio da melhora em seu desempenho energético, principalmente através de ações referentes ao uso de materiais de baixo carbono, técnicas construtivas de baixo carbono e ao emprego de energia renovável em todo o seu ciclo de vida. Quando discutem os materiais, classificam como de baixo carbono tanto a madeira pré-fabricada quanto o concreto preparado com cimento de baixo teor de clínquer.

Patil e Kumthekar (2016) definem *edificação de baixo carbono* aquela que possui baixo consumo de energia em seu processo de construção / renovação, operação e demolição, se possível, fazendo uso

[151] Esta revisão bibliográfica foi realizada na primeira etapa da pesquisa, apresentada de maneira pormenorizada no memorial de qualificação, utilizando-se de análise sistemática da literatura. De um total de 166 artigos previamente selecionados, através das palavras-chaves listadas, 21 foram analisados.

de materiais de baixo carbono e técnicas construtivas de baixo carbono – também caracterizados pela redução no consumo de energia.

No que se refere à tecnologia, Pomponi e Moncaster (2018) definem *tecnologia de baixo carbono* aquela que economiza energia operacional e incorporada. Chen e Pan (2016) definem *construção de baixo carbono* aquela que adota medidas para a melhora do desempenho energético das edificações e reduzem as emissões de carbono dos edifícios, chegando a esta conclusão pelas principais abordagens da literatura consultada pela pesquisa que desenvolveram.

O uso da ferramenta de Análise de Ciclo de Vida de Carbono ($ACVCO_2$) é apontada como fundamental por diversos trabalhos, sendo referência para a tomada de decisões durante o processo de projeto. Diferentes trabalhos propõem metodologia e testam ferramentas de $ACVCO_2$, como os de Chen *et al*. (2011), Tian-yan e Min (2012), Baek *et al*. (2013) - em geral apoiadas na questão do consumo de energia e sempre sinalizando as dificuldades referentes aos bancos de dados.

Em resumo, as abordagens dominantes trazidas pela literatura consultada sobre baixo carbono na construção civil discutem: a) redução da energia operacional; b) redução da energia incorporada; c) captura e estocagem de carbono; d) substituição da matriz energética; e e) desafios e obstáculos para a implementação de soluções de baixo carbono – abordagens focadas na relação uso de energia = emissões associadas.

a) Redução da energia operacional:

Reduzir a energia necessária para a correta operacionalização das edificações é o tema mais tratado nos artigos consultados, como apresentado pelos trabalhos de Zhang, Li e Zhou (2017) e Khosla et. al (2017), o mesmo sendo apontado por artigos específicos que fazem um mapeamento mais completo da literatura, como o trabalho de Luo *et al*. (2019). Estratégias centradas na redução do consumo de energia, propostas pelo projeto da edificação e o detalhamento de seus equipamentos, são apontadas enquanto impactantes e fáceis de serem implementadas, principalmente quando se referem a aparelhos acondicionadores de ambientes, e possuem incentivo direto: reduzem as emissões associadas à produção e ao uso de energia e o seu desenvolvimento e aplicação economizam recurso energético e ambiental, mas principalmente financeiro. Trata-se da discussão sobre a eficiência energética das edificações.

Eficiência energética é atributo inerente à edificação e diz respeito ao seu potencial de alcançar conforto térmico, visual e acústico através de baixo consumo de energia. Ou seja, um edifício é mais eficiente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com o menor consumo de energia (LAMBERTS, 2010). São duas as principais estratégias utilizadas para tanto:

a) Projeto passivo:

São muitos os trabalhos que discutem maneiras passivas de melhorar o condicionamento ambiental de uma edificação reduzindo a necessidade sistemas mecânicos de ventilação / refrigeração / aquecimento (*Heating, Ventilation and Air Conditioning* - HVAC) e iluminação artificial - por exemplo, os trabalhos de Xia e Li (2019), La Roche (2010), Barbhuiya, Barbhuiya e Nikraz (2013), Guedes (2013). Estratégias passivas de conforto ambiental seguem em conjunto com soluções de estanqueamento e isolamento térmico das edificações através da definição de materiais e detalhamento de sistemas construtivos - ver o trabalho de Dowd e Mourshed (2015), González e Navarro (2006).

b) Utilização de equipamentos energeticamente eficientes e sistemas controladores do consumo de energia:

Trata-se de aprimorar os aparelhos utilizados numa edificação através do aumento de seu desempenho energético, reduzindo suas emissões associadas, e mantendo o conforto dos usuários (ver os trabalhos de Lai *et al*. (2017); Huang e Mauerhofer (2016)). Em geral, são aparelhos e equipamentos denominados de tecnologia de baixo carbono. Mundialmente, foram criadas legislações específicas sobre este assunto, estabelecendo níveis de performance para os diferentes equipamentos e aparelhos[152].

Apesar da importância em se reduzir o consumo de energia, é necessário ressaltar a discussão sobre o efeito rebote associado ao aumento da eficiência energética de edificações e equipamentos. Pesquisas mostraram que o aumento da eficiência não implicou, no fim das contas, a redução do consumo energético porque os consumidores, diante da economia propiciada, ampliaram suas maquinarias do conforto – por exemplo, colocando aparelhos de ar-condicionado / aquecedores em todos os cômodos da casa e não apenas naqueles de maior permanência (POMPONI; MONCASTER, 2018).

Shove (2018) faz uma análise mais aprofundada sobre o porquê medidas de eficiência são insuficientes para conter o aquecimento global. Primeiro, melhorar a eficiência não significa deixar de consumir. Assim como Pomponi e Moncaster (2018), sua pesquisa aponta que a economia propiciada num equipamento permite ampliar os gastos em outro equipamento ou em outra necessidade – por exemplo, reduzir o gasto em energia e realizar uma viagem com o recurso preservado. Também argumenta que melhorar a

[152] No Brasil, a Lei 10.295, também conhecida como Lei de Eficiência Energética, passou a vigorar em 17 de Outubro de 2001, ano da "Crise do apagão". A Lei de Eficiência Energética estabeleceu níveis máximos de consumo específico de energia em conjunto com eficiência mínima de máquinas e aparelhos fabricados no Brasil, bem como produtos importados. O surgimento desta lei foi um marco importante na preocupação com a eficiência energética na indústria brasileira. E fomentou o surgimento de órgãos de inspeção, controle, regulamentação e certificação de qualidade de produtos, incluindo aí a edificação. Entre eles destacamos o Procel Edifica, dentro do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações, instituído pela ELETROBRAS / PROCEL desde 2003.

eficiência reproduz o *status quo*: são realizados os mesmos serviços com menos uso de energia. Mesmo que haja uma economia efetiva, as emissões que se acumulam têm efeito a longo prazo e colaboram para um futuro insustentável.

Neste sentido, para a autora, eficiência energética representa uma discussão sobre performance, a qual se incorpora em tecnologias, políticas e ambientes construídos a partir de uma visão particular, e bastante recortada, sobre o serviço de fornecimento e uso de energia, sem questionar ou problematizar outros aspectos. Tal postura reforça a interpretação de que se trata de uma solução normal e adequada, justificando a crescente ênfase em eficiência (e aqui podemos extrapolar o campo da energia para qualquer outro aspecto da produção), a qual, num movimento espiral, torna-se base para o desenvolvimento de novas tecnologias. A sociedade, então, se vê aprisionada nesta relação de dependência da energia, entendendo a energia como uma necessidade em si, e não os serviços que decorrem do seu uso. Em suas palavras:

> In the realm of climate-change policy, efficiency therefore has a double, if not spiralling, role. As already explained, it acts as an invisible 'carrier' of quite specific interpretations of normal and appropriate service. In so doing, it reinforces the idea that such interpretations are non-negotiable, thereby justifying further emphasis on efficiency. In the UK, the government's commitment to delivering carbon reductions without compromising present standards of living means that efficiency appears to be only way forward. This sets in train certain lines of technological development and lays down what are likely to become path-dependent trajectories of innovation and investment[153] (SHOVE, 2018, p. 785).

b) Redução da energia incorporada:

De acordo com Peñaloza, Erlandsson e Falk (2016), Pomponi e Moncaster (2018), após avanços consideráveis para a redução do consumo de energia operacional, principalmente através de diretivas nacionais sobre eficiência energética e a constituição de um campo de pesquisa bastante consolidado, passou-se a observar a energia incorporada, principalmente no processo de produção dos materiais. Se antes havia a concepção de que a energia operacional era a maior responsável pelas emissões, com a melhora na eficiência energética das edificações houve a redução de sua porcentagem na relação energia operacional / energia incorporada. Além disso, estudos mais detalhados mostraram o impacto da energia incorporada no ciclo de vida da edificação.

[153] Traduzindo livremente: "No campo da política de mudança climática, a eficiência, portanto, tem um papel duplo, senão espiral. Como já explicado, ele atua como um 'portador' invisível de interpretações bastante específicas do serviço normal e adequado. Ao fazê-lo, reforça a ideia de que tais interpretações são inegociáveis, o que justifica maior ênfase na eficiência. No Reino Unido, o compromisso do governo de fornecer reduções de carbono sem comprometer os atuais padrões de vida significa que a eficiência parece ser o único caminho a seguir. Isso estabelece certas linhas de desenvolvimento tecnológico e estabelece o que provavelmente se tornarão trajetórias de inovação e investimento dependentes de caminhos"

De acordo com Cabeza *et al*. (2013), com base em ampla revisão bibliográfica, energia incorporada é aquela sequestrada pelos materiais de construção durante as diferentes etapas de seu processo de produção, em sua aplicação no canteiro de obras e na demolição e descarte final da edificação e de suas partes. Seu impacto depende do processo de fabricação dos materiais e componentes construtivos, da disponibilidade de matéria prima nas proximidades da unidade produtora, da eficiência produtiva, da quantidade de matéria prima empregada e do tipo de combustível utilizado nas etapas de produção e de transporte (CABEZA *et al*. 2013).

Já Thomark (2006) discute e avalia sobre o potencial de reciclagem dos materiais e a economia de energia propiciada nesta ação e, assim, a redução das emissões de GEEs decorrentes. Em seu estudo, analisa a economia do ciclo de vida da *Cross Laminated Timber* (CLT – Madeira Laminada Cruzada) quando projetada e construída para a reciclagem, demonstrando uma redução entre 5% a 20% da energia total necessária, e discute aspectos importantes para potencializar os ganhos com a reciclagem: usar materiais recicláveis, evitar aqueles com potencial de contaminação e projetar para a desconstrução.

É importante ressaltar, mesmo parecendo óbvio, que a discussão sobre energia incorporada analisa a emissão de CO_2 associada ao uso da energia para a produção e aplicação dos materiais na construção de uma edificação, não computa as emissões relacionadas à transformação química dos materiais. E se utiliza de duas abordagens: 1) evitar o consumo de energia (máximo aproveitamento e reaproveitando dos materiais), ou 2) reduzir o consumo de energia (diminuindo distâncias, melhorando a eficiência produtiva e utilizando energia de fonte renovável). De forma sintética, conforme apresentado no Quadro 20:

Quadro 20 - Aspectos e justificativa para a redução de energia incorporada na construção civil.

ASPECTO	JUSTIFICATIVA
A escolha e a produção de materiais	Quanto menos transformados menos energia consomem;
A redução do consumo de materiais	Implica em deixar de utilizar energia para uma nova produção;
A redução da energia nos processos construtivos	Implica em otimizar o uso de energia durante o processo de produção dos materiais e componentes e na construção da edificação, seja pela escolha da técnica, utilização de maquinários com eficiência energética garantida, ou diminuição das distâncias entre as fontes de materiais e o local de aplicação;
A reciclagem de materiais e o *retrofit* de edificações	Potencializa e aumenta a vida útil do bem já existente, respeitando todo o processo produtivo já realizado, evitando novo consumo de energia.

Fonte: Peñaloza, Erlandsson e Falk (2016); Pomponi e Moncaster (2018); Cabeza *et al*. (2013); Thomark (2006).

c) Captura e estocagem de carbono

Alguns autores, dentro da discussão de *Carbon Capture and Storage* (CCS – Captura e Estocagem de Carbono) defendem a ideia de que as edificações, devido à sua longa vida útil, são convenientes depósitos de carbono. O argumento é de que apenas ações para a redução das emissões serão insuficientes para minimizar os efeitos do aquecimento global (PITTAU *et al*., 2019; WANG *et al*., 2016). Entre os temas dentro desta discussão estão os materiais naturais, em especial a madeira e as fibras vegetais, e o *retrofit* das edificações.

Peñaloza, Erlandsson e Falk (2016) realizaram um estudo de caso comparando o impacto climático de três materiais estruturais: o concreto, a *Cross Laminated Timber* (CLT – Madeira Laminada Cruzada) e a Biomaior (CLT mais outros materiais de origem vegetal). O procedimento foi apoiado em ACV num período de 300 anos, tempo necessário para o crescimento e a decomposição de uma árvore. Seus estudos demonstraram que, além da madeira ser um elemento que naturalmente estoca carbono, uma árvore crescendo absorve mais CO_2 que uma em decomposição libera. Este *delay* associado ao aumento da vida útil do material empregado em uma edificação reduz o impacto da madeira ao longo do tempo. O resultado de seu trabalho mostra que a CLT é 50% menos impactante que a estrutura em concreto, enquanto a Biomaior é 69% menor.

Já o estudo de Pittau *et al*. (2019) defende o maior uso de fibras (cânhamo e palhas da cultura de cereais), em detrimento à madeira. Segundo os autores, estes materiais naturais possuem ciclo de crescimento e corte mais rápidos – são biomassas de curta rotação – e, por isso, potencializam a captura de CO_2 acumulado na atmosfera. Se empregados de maneira correta, principalmente para o isolamento térmico e acústico, tornam-se materiais inertes, sem fim de vida determinado. Atuam, assim, enquanto eficientes depósitos de carbono.

Kuittinen, Ludvig e Weiss (2013) fazem uma discussão mais abrangente sobre as potencialidades do uso da madeira para a redução das emissões de gases e apontam como achados de pesquisa: a madeira naturalmente consome CO_2 da atmosfera para a formação de sua biomassa, mantendo o carbono estocado em sua estrutura durante o seu ciclo de vida; existem produtos da madeira que exigem pouco processamento e, assim, utilizam-se de menos energia nas etapas de transformação de árvore para componente construtivo; os resíduos da madeira podem ser utilizados como biocombustíveis, bem como peças avariadas e descartadas no final de seu ciclo de vida[154]; os resíduos também podem ser transformados em outros elementos construtivos, como chapas.

[154] Lembrando que isso é possível desde que a madeira não esteja tratada com produtos químicos como fungicidas.

Nesta publicação, resultado de um conjunto de pesquisas, os autores realizaram a Análise de Ciclo de Vida de edificações e elementos construtivos em madeira, visando verificar a Pegada de Carbono e apresentar soluções construtivas que aumentassem o desempenho das edificações e reduzissem o consumo de energia necessária para garantir seu conforto ambiental. Para tanto, os autores analisaram a cadeia de produção da madeira (da floresta ao componente / sistema construtivo) em conjunto com as soluções construtivas utilizadas na edificação como um único processo, observando todas as etapas do ciclo de vida tanto em relação ao material quanto ao consumo de energia.

Apesar desta abordagem positiva sobre a capacidade dos diferentes materiais e edificações em armazenar CO_2 existe outra discussão apontando para o perigo de tal posicionamento. Estratégias de CCS não devem ser postas como compensação para continuar empregando processos produtivos despreocupados com as emissões de GEE (LIU; XI, 2011). É necessário rever o processo produtivo em sua totalidade. Rovers (2015) argumenta tratar-se de uma abordagem cuja preocupação desconsidera a causa das emissões, sendo uma solução de fim de linha da produção (*end of pipe solution*). Também não combatem o esgotamento dos combustíveis fósseis, ainda necessário em muitas aplicações humanas e causa de guerras em disputas pelas jazidas remanescentes do combustível.

Entendemos, assim, que o uso de materiais construtivos que atuam enquanto meios de captura e estocagem de carbono, naturais ou não, assim como decisões de projeto para o aumento de vida útil de edificações, não devem ser ações isoladas. O mesmo para questões relativas à eficiência energética. Devem, sim, ser promovidas sem deixar de lado o questionamento sobre os demais aspectos relacionados às emissões associadas às atividades da construção civil.

d) Substituição da matriz energética:

Em geral, pesquisas que tratam de redução de emissões discutem, mesmo que superficialmente, a necessidade de alteração da matriz energética de base fóssil para a renovável. Painéis solares para geração de energia ou aquecimento de água são as mais tratadas no campo da construção civil, assim como a transição energética discutida na escala do urbanismo.

Também é recorrente a discussão sobre a integração entre redução do consumo de energia com transição para a energia renovável. Em geral, discutem a importância de considerar questões de energia durante a concepção do projeto arquitetônico, apresentando metodologias para tomada de decisões (DAWOOD *et al*., 2013; LIAO; WANG, 2012). E mais, discutem sobre os desafios de uma transição sociotécnica que deve ser apoiada e fomentada pelo poder público, principalmente na escala dos municípios (HOLM; STAUNING; SONDERGARD, 2011) – alteração da matriz em conjunto com mudanças de consumo e de produção, aceitas socialmente mediante educação (ROVERS, 2015).

e) Prevenir o uso de energia:

Por fim, existe uma discussão sobre a prevenção no uso da energia – deixar de consumir e, portanto, de explorar e de produzir é uma ação mais contundente na redução das emissões de GEEs do que aquelas baseadas em economia de energia e de recursos. De acordo com Sachs (2007, p.25) "[...] a energia que menos polui e que geralmente menos custa é aquela que deixa de ser produzida". Neste sentido, estratégias passivas de conforto ambiental, substituição de equipamentos e funções por opções independentes de energia, uso de materiais construtivos menos processados e menos intensos em energia parecem sinalizar um caminho mais plausível, tanto para a redução efetiva da demanda quanto em relação às emissões associadas.

4.2.2. Dicotomia países desenvolvidos x países em desenvolvimento

A revisão da literatura permite inferir ser a questão do baixo carbono discutida e, principalmente, aplicada de maneira diferente de acordo com a situação socioeconômica de cada país, refletindo, por isso, questões particulares de cada realidade. Apesar do apelo pela racionalidade produtiva ser compartilhada em ambos os casos, percebe-se que os países mais ricos defendem a tecnologia de baixo carbono a partir da industrialização, produção em escala, pré-fabricação e montagem em canteiro, o que é possível com grandes maquinários. A rapidez de produção em conjunto com a racionalidade produtiva é a chave para a economia de energia e de materiais.

Lehmann (2013), por exemplo, defende o uso do sistema construtivo CLT (*Cross Laminated Timber*) como caminho para a construção civil de baixo carbono, apoiado nos princípios de utilizar material renovável, reduzir o uso de energia proveniente de matriz fóssil e projetar para a desmontagem. Para o autor, a vantagem deste sistema consiste na possibilidade de sua produção controlada digitalmente, promovendo a redução de desperdícios de produção, maximizando o uso dos recursos, proporcionando diversidade de soluções mesmo com a padronização dos elementos. Esta solução demanda maquinários específicos e de alto custo como as CNCs (*Computer Numeric Control*), a centralização da pré-fabricação dos elementos construtivos em ambientes altamente controlados, e a montagem das edificações em canteiro de obras através de máquinas e equipamentos específicos para a manobra das peças.

Hildebrandt *et al*. (2017) discutem cenários para o fortalecimento do uso da madeira na Europa, indicada como um material de boa qualidade e com potencial para a mitigação do efeito estufa. A proposta está alicerçada no uso de madeira engenheirada, ou *Engineered Wood Products* (EWP), ou seja, no fortalecimento de setores industriais destinados à transformação da madeira em produtos específicos,

mais homogêneos em termos de performance, construção à seco e modelo de negócio *turn-key*[155]. Entre eles destaca a *Cross Laminated Timber* (CLT – Madeira Laminada Cruzada), a *Wood Fibre Insulation Board* (WFIB – Painéis isolantes de fibra de madeira), a *Laminated Veneer Lumber* (LVL – Madeira Microlaminada) e o Glulam (Madeira Laminada Colada – MLC). Pressupõem escala industrial de produção para ser economicamente viável.

Já nos países mais pobres as questões são diferentes. A necessidade de geração de emprego associada à ausência de capital para investir em grandes linhas de produção industrial, ou maquinários e equipamentos "de ponta" sugere tecnologias construtivas mais simples e apropriáveis, mobilizando soluções que buscam aprimorar as culturas construtivas locais, em geral com materiais localmente abundantes, através de um processo construtivo que reforce as identidades coletivas e fortaleça a coesão social. Empoderar comunidades e criar espaços de reconhecimento são objetivos transversais à necessidade de construir uma edificação e vão de encontro às discussões colocadas pela sustentabilidade social.

Reddy (2009) discute, em contexto indiano, o que seriam as tecnologias construtivas alternativas sustentáveis – partindo da premissa que a sustentabilidade está relacionada à redução da emissão de dióxido de carbono principalmente pelo uso da energia primária / incorporada. Em sua análise, os materiais naturais e menos processados são os menos impactantes, mas, por outro, possuem algumas fragilidades relacionadas à durabilidade, à resistência estrutural e, em alguns casos, não estão amplamente disponíveis na escala necessária ao déficit habitacional indiano. Propõe, desta maneira, uma mescla equilibrada entre materiais industrializados e naturais sempre seguindo os seguintes princípios:

> conservar energia; minimizar o uso de materiais de alto consumo energético; minimizar o transporte e maximizar o uso de materiais e recursos locais; descentralizar a produção e maximizar o uso de habilidades locais; utilizar resíduos industriais e de mineração para a produção de materiais construtivos; reciclar resíduos da construção; e utilizar fontes de energia renovável (REDDY, 2009, p. 176 – tradução nossa[156]).

Como resposta a estes princípios propõe as seguintes tecnologias construtivas: *stabilized mud blocks* (equivalente ao nosso Bloco de Terra Comprimida – BTC, também conhecido como tijolo ecológico); *rammed earth walls* (taipa de pilão estabilizada com cal); *compacted fly ash blocks* (blocos de cinzas

---

[155] Neste modelo de negócio uma única empresa centraliza todas as atividades de projeto e construção, definindo equipes para cada etapa.

[156] Texto original: "To achieve such objectives, optimum utilization of available energy resources and raw materials becomes imminent. Some of the guiding principles in developing the sustainable alternative building technologies are: (a) energy conservation, (b) minimizing the use of high-energy materials, (c) minimize transportation and maximize the use of local materials and resources, (d) decentralized production and maximum use of local skills, (e) utilization of industrial and mine wastes for the production of building materials, (f) recycling of building wastes and (g) use of renewable energy sources. Building technologies manufactured by meeting these guiding principles could become sustainable and facilitate sharing the resources especially energy resources more efficiently, causing minimum damage to the environment" (REDDY, 2009, p.176).

volantes comprimidas). Advoga, nos exemplos discutidos, a possibilidade da mobilização da comunidade como algo positivo (capacitação profissional, empoderamento de grupos, uso de recursos locais e a descentralização da produção), assim como a conservação de recursos pelo uso de resíduos de outros ciclos produtivos[157].

Guedes (2013) faz um mapeamento de bons exemplos de arquitetura africana, mapeando princípios de arquitetura passiva construídos com o uso de recursos locais. Seu trabalho defende que soluções ambientalmente adequadas, confortáveis e de baixo consumo energético (energia é um recurso raro) fazem parte do repertório africano (arquitetura vernacular) que lidou com as particularidades do clima ao longo das gerações. Neste sentido, é necessário recuperar técnicas, tipologias e soluções incorporando conceitos "modernos" de racionalização no uso dos recursos, e promover o cooperativismo e o associativismo para a organização da produção – um modo de atender a população carente por habitação de qualidade, gerar emprego e promover capacitação profissional, fortalecer uma rede de solidariedade e cooperação entre os membros da comunidade em ações mais amigáveis com a biosfera.

Estes são apenas alguns exemplos discutidos pela literatura, os quais seguem a lógica apresentada pela Agenda 21 e pelas discussões historicamente colocadas desde o final da década de 1960, de que é necessário pensar soluções diferentes para países desenvolvidos e para os países em desenvolvimento, em geral, reduzir o consumo de recursos nos países desenvolvidos e garantir a construção de infraestrutura básica para os países em desenvolvimento, principalmente moradia.

Existe, de fato, um potencial latente de emancipação social, construção de novos cenários a partir da efetiva participação social, aqui colocada no processo de materialização do ambiente construído dos pobres. Entretanto, esta abordagem distinta sobre um problema comum, tal como tratada, parece reforçar a existência de soluções a serem aplicadas em âmbito de pobreza e de riqueza, sem efetivamente tocar em questões fundantes: acesso aos recursos e à terra, distribuição mundial de riquezas, divisão produtiva mundial, modelo de produção e consumo, entre tantos outros aspectos. A solução para os pobres pode se tornar, assim, uma solução provisória, uma passagem em direção às demais possibilidades mediante a crença da transformação dos países em desenvolvimento em países desenvolvidos.

Esta divisão não coloca em questão o próprio modelo de produção industrial. A grande indústria é caracterizada pelo uso intensivo de capital, o qual, em geral, só funciona mediante o consumo igualmente intensivo de energia não humana – as máquinas substituem trabalho humano por trabalho mecânico, sendo o emprego de energia sua característica principal e fundante. Quanto maior o nível de

[157] Em seu artigo Reddy (2009) também explora quantitativamente os materiais e as edificações resultantes de seu emprego. Uma edificação de aproximadamente 150m² construída com bloco cerâmico estrutural possui 50% a mais de energia incorporada que a outra edificação, de mesma metragem, construída com bloco de terra comprimida.

modernização de uma indústria, maior deverá ser o investimento em máquinas e processos, quiçá dependente de matérias primas de alta purificação com pouca margem para erros, também produtos de processos intensivos em energia.

Além do gasto em energia, a grande indústria também tem como característica promover a centralização da produção, o que demanda uma rede articulada de transporte para abastecimento e escoamento da produção, extensas redes de infraestrutura (de energia, de transportes e de comunicações) e uma equipe de marketing ativa atestando a necessidade / viabilidade de soluções homogêneas e universais - e aqui, soluções locais deixam, aos poucos, de fazer sentido, sendo substituídas pela "modernidade". Ou seja, buscando potencializar e otimizar a infraestrutura industrial visando aumento da produtividade, e assim, da taxa de retorno financeiro, há o incentivo a soluções universais, independente do contexto de sua aplicação. Isso justifica, por exemplo, o fato de que a construção de 52% das habitações de interesse social do Brasil em 2015 (SANTOS, 2016) foram realizadas em paredes de concreto moldadas no local, independentemente dos resultados de seu uso e dos diferentes contextos regionais, como discutido no capítulo 01.

Se, por um lado, a centralização otimiza os meios de produção, por outro, há todos os impactos associados à formação da rede de infraestrutura que subsidia este modelo, os quais são recorrentemente desconsiderados ou atestados como necessários ao bem coletivo – por exemplo, construir usinas nucleares para suprir a demanda crescente por energia sem dar soluções adequadas aos resíduos que serão gerados. Também justificam soluções fundamentadas em eficiência energética, redução de desperdício de materiais e a busca incessante por combustíveis mais baratos.

Diante disso, repensar modos de organização da produção é algo fundamental para países em desenvolvimento, como é recorrentemente defendido, mas também para os desenvolvidos e altamente industrializados. Reduzir a escala e descentralizar a produção são ações que podem colaborar com a redução das emissões de gases associadas ao uso de recursos, assim como estimular o desenvolvimento de tecnologias endógenas.

4.3. O baixo carbono na construção civil – discussões a serem reforçadas

A quantidade de emissões de GEE relacionadas ao uso direto e indireto de energia, principalmente aquelas de origem fóssil, é a principal abordagem discutida para a construção / edificação de baixo carbono. No entanto, quase todos os autores revisados ampliam a discussão, mesmo que se prendam, ao final, à abordagem predominante. O objetivo deste subcapítulo é reforçar e ampliar o entendimento

das questões tidas como “secundárias”, mas que são determinantes para a redução das emissões e dos impactos relacionados à construção civil.

4.3.1. Potencializar o uso de materiais naturais e / ou pouco processados

O impacto dos materiais construtivos é resultado dos processos envolvidos em toda a sua cadeia de produção, da extração na natureza até sua deposição final. A emissão de GEE está relacionada à energia necessária para a transformação dos recursos naturais em produtos prontos para o uso, nas diferentes etapas de transporte ao longo de toda a sua vida útil e ao uso de maquinários em canteiro de obras, emissões essas bastante tratadas pela literatura apresentada anteriormente. Mas, também, são derivadas das reações químicas necessárias para a transformação dos recursos *in natura* em materiais construtivos – do calcário ao cimento, da bauxita ao alumínio, por exemplo. As emissões relacionadas à transformação química dos materiais representam 14% do total da construção civil, conforme apresentado por Huang *et al*. (2018), sendo os materiais mais impactantes o cimento, o aço e o alumínio.

O cimento é o segundo bem mais consumido do mundo ficando atrás, apenas, da água. Ele resulta do processo de calcinação de rochas calcárias, de onde se subtrai o Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$) por aquecimento. O processo de transformação do $CaCO_3$ em clínquer, base do cimento, libera bastante CO_2. Uma das soluções propostas pela indústria cimenteira para a redução deste impacto é a substituição de parte do clínquer necessário ao correto desempenho do material por rejeitos de outras indústrias, principalmente pela escória de alto forno derivadas da produção do ferro-gusa.

A produção de cimento também demanda alto consumo de energia. Trata-se de energia térmica, necessária para a descarbonatação do minério, e da energia elétrica utilizada no funcionamento e operação das indústrias. Como resposta, o setor tem promovido o crescente aumento do uso de combustíveis alternativos aos fósseis destinados aos processos de aquecimento, como resíduos e biomassas; e a melhoria constante da eficiência energética das plantas produtivas (CNI, 2018).

No Brasil, para cada tonelada de cimento produzida são emitidos 572 kg de CO_2, um dos menores índices mundiais que chega à proporção de 1:1. Deste total, 36% decorrem da queima de combustíveis fósseis para geração de energia térmica e 63% da reação química de decomposição do calcário para a formação do clínquer (VISEDO; PECCHIO, 2019). Ou seja, por mais que se melhore a eficiência térmica das plantas produtivas, o maior impacto da produção do material é o material em si. Neste sentido, ações contundentes devem estar centradas na redução do consumo do material, seja pelo aperfeiçoamento da sua dosagem (ver os trabalhos de Damineli e John, 2012), pela reutilização e reciclagem de resíduos da construção, ou simplesmente por sua substituição e não uso.

Para que esteja disponível no canteiro de obras, a produção do cimento mobiliza atividades de mineração, cujas emissões somam no setor AFOLU. Há um esforço em centralizar as indústrias de transformação próximas às jazidas de calcário e argila e das áreas de maior consumo, mas, ainda assim, sua distribuição demanda transporte extensivo. No Brasil, 96% da produção é despachada por meio de transporte rodoviário percorrendo distâncias que variam entre 300 e 500km nas regiões Sudeste e Sul, podendo ultrapassar 1.000km nas regiões Norte e Nordeste (CIMENTO.ORG, 2020). O consumo aparente do cimento se encontra em constante decrescimento na região Sudeste (VISEDO; PECCHIO, 2019), onde se concentravam 43,18% das plantas, 38 de um total de 88, no ano de 2013 (SNIC, 2013) - provavelmente devido infraestrutura já construída. Apesar disso, em números gerais, a produção de cimento está em crescimento - 276% entre 1990 e 2014 (CNI, 2018).

O uso do cimento não ocorre de maneira isolada, ele está sempre associado à brita e à areia (argamassas e concretos). A exploração e distribuição destes materiais necessita de energia para as etapas de extração, beneficiamento e transporte. A mineração de areia é causadora de outros problemas ambientais, como o assoreamento dos rios, a mudança nos cursos d'água, a interferência na fauna e flora locais e o abandono de áreas esgotadas sem a efetiva implantação de um plano de reabilitação – em geral, sendo causa de outros problemas locais graves, como escorregamento de massas, erosão, voçorocas (ESTAIANO, 2007). No que se relaciona à sua disponibilidade, algumas cidades já carecem de portos de areia próximos, como é a cidade de São Paulo (>100km), demandando maiores gastos em transporte, o que representa aumento de custos e de emissões (AGUIRRE; HENNIES, 2010).

O concreto, por sua vez, não atende adequadamente às solicitações estruturais (tração), uma de suas principais aplicações, sem a presença das armaduras metálicas. A produção de aço e ferro-gusa brasileiros também figura como a mais eficiente do mundo. Isso se deve à base energética hidráulica e está sujeita aos mesmos percalços do cimento – aumento da produção é seguida de aumento da demanda por energia. No que concerne aos GEEs, a produção de ferro-gusa tem maior emissão que a de cimento – representa, dentro do setor processos industriais, 27% do total, contra os 25% relacionados ao cimento (IEMA, 2015). A relação entre tonelada de aço produzida e emissões de GEE chega a 1:1.

As emissões de GEEs na indústria siderúrgica estão relacionadas ao uso de energia (contabilizadas no setor de energia) e ao processo de redução do minério de ferro pela aplicação de combustíveis termorredutores ricos em carbono, em especial, o carvão mineral e o carvão vegetal. As emissões contabilizadas no processo de redução somam 87% do total emitido na produção do material (IEMA, 2015). Quando há a reciclagem do aço as emissões relacionadas à sua transformação são reduzidas, mas não anuladas, porque é necessária a adição de 30% de ferro-gusa "virgem" para a homogeneização da mistura. Destaca-se que não há redução do consumo energético no processo de reciclagem.

Os números apresentados não somam as emissões relacionadas à extração, transporte e tratamento dos resíduos da indústria, o que aumentaria ainda mais o seu impacto. Por exemplo, a contribuição das emissões da produção do aço seria maior caso a indústria utilizasse um processo de deposição dos rejeitos de produção menos perigoso, inseguro e sujeito a graves acidentes. No Brasil, quase todas as mineradoras empregam o sistema de alteamento à montante, o mesmo sistema utilizado em Mariana e Brumadinho no estado de Minas Gerais, que consiste em armazenar rejeitos misturados à água, resultante do beneficiamento dos minérios, em represas artificiais construídas com o próprio rejeito. Neste processo, à medida que a represa se enche, aumenta-se a altura do dique de contenção, em degrau, para aumentar sua capacidade, a qual, em Brumadinho, por exemplo, chegou à profundidade de 86m. Este processo é o mais barato. A solução adequada seria a secagem dos rejeitos antes de sua deposição, ou a utilização de um método de beneficiamento do minério à seco – procedimentos que aumentariam os custos de produção devido ao aumento do consumo de energia, assim como as emissões de gases associadas ao consumo de energia. Neste sentido, se a opção é a redução do impacto do material, ações como a redução do seu consumo e o aumento de sua reutilização deveriam ser incentivadas.

A Política Nacional sobre Mudança do Clima brasileira, atualizada com base no Decreto nº 9.578[158] de 22 de novembro de 2018, prevê a siderurgia como um importante campo para a redução das emissões de CO_2 para o atendimento às metas NDCs. Isso porque, em sua maioria, os fornos utilizados no país são abastecidos com carvão mineral ou combustíveis fósseis para a produção de energia térmica, sendo a proposta alterar a matriz para carvão vegetal de florestas plantadas. No entanto, a alteração da fonte de energia não pode ser realizada apenas por meio de uma adaptação do equipamento já adquirido e em uso, sendo necessário substituí-lo em sua totalidade pois cada fonte energética demanda um desenho de equipamento (IEMA, 2015). Esta transição implicaria em um alto custo para as empresas.

Dando seguimento aos materiais mais utilizados na construção de edificações, temos os elementos cerâmicos. Quase todas as edificações os empregam em tijolos, blocos, telhas cerâmicas, além de acabamentos de piso e de parede. Em geral, os acabamentos de piso e parede são os elementos mais substituídos em processos de reforma, nem tanto por sua durabilidade, mas porque são representativos da moda, estampam a personalidade do proprietário ao edifício, assim como uma roupa. E, apesar da possibilidade de trituração e reuso de todos os elementos cerâmicos, são consideráveis as emissões relacionadas à extração de argila, à queima das peças e o ao transporte dos materiais – 1,5% das

[158] Este decreto altera também a composição da equipe que decide sobre o uso do fundo destinado à PNMC – apenas representantes de confederações nacionais organizadas (indústria, comércio...), excluindo o antigo fórum composto por cientistas, representantes de diferentes instancias sociais, como povos originários e pequenos produtores rurais. Trata-se de um imenso retrocesso. Centraliza decisões importantes, de impacto global, aos interesses do mercado.

emissões do setor, de acordo com as projeções de Agopyan e John a partir de dados de 2005, desconsiderando as diferentes etapas de transporte (AGOPYAN; JOHN, 2011). Orsini e Morrone (2019) estimam as emissões de blocos / tijolos cerâmicos em 0,15 tonCO_2/t produzida. Não se trata de um dado irrelevante quando se busca reduzir as emissões da produção de materiais construtivos.

Agopyan e John (2011) relacionam, ainda, as emissões dos materiais ao uso da madeira, contabilizando os gases derivados de processos de desmatamento. Como vimos, trata-se do setor com maior índice de emissões do Brasil. Contudo, é imprescindível ressaltar que a grande parte da madeira extraída da Amazônia, principalmente, é simplesmente queimada, pois apenas as espécies conhecidas e, portanto, com valor comercial, seguem para o mercado da construção civil. Para dar uma dimensão da situação, de acordo com o estudo apresentado por Adeodato e equipe (ADEODATO *et al*., 2011), existem mais de mil espécies de madeira nesta região, das quais entre 60 ou 80 são consideradas comerciais, e apenas 40 delas estão catalogadas como técnica e economicamente viáveis.

Dependendo do processo de extração e de beneficiamento da madeira, suas emissões podem ser superiores àquelas relacionadas ao cimento e ao aço. É o que demonstra a tese de Punhagui (2014). Madeira dura e nativa, proveniente da Amazônia, colhida mediante extração seletiva convencional possui alto impacto: uma tonelada de madeira serrada seca, em canteiro de obras, gera entre 5.135 kgCO_2 a 44.394 kgCO_2 (mediana de 16.236 kgCO_2/t). Isso se deve, principalmente, ao baixo aproveitamento da tora e ao alto desperdício durante processo de extração e processamento da árvore. Apenas esta etapa representa entre 97% a 99% das emissões relacionadas ao uso da madeira.

Estes números, todavia, não devem ser interpretados de maneira isolada, como esclarece a autora. O impacto global se relaciona ao sistema de produção da madeira, a qual devasta grandes áreas plantadas para a retirada das espécies de interesse; desmata sem a compensação com novo plantio de árvores (em geral, mantendo as áreas abertas para atividades de agricultura e pecuária); não aproveita todas as partes da árvore, as quais poderiam ser destinadas a outras indústrias madeireiras, mas são deixadas para a degradação natural ou incendiadas (processo que devolve o CO_2 à atmosfera); e se encontra distante dos centros consumidores.

Os impactos e emissões relacionados ao uso da madeira proveniente de plantios florestais são bem menores, ainda de acordo com Punhagui (2014). São liberados entre 41 kg a 726 kg de CO_2 por tonelada de madeira seca entregue em canteiro de obras (mediana de 155 kgCO_2/t), sendo 39% derivados da etapa de extração e 34% da etapa de transporte movido à combustível fóssil. Aqui, apesar de haver a reposição florestal, ainda existem os demais problemas comuns à exploração da madeira nativa.

Diante deste cenário, os principais desafios ao uso da madeira, com menores impactos e emissões, são: da redução dos resíduos de produção, ou a sua correta destinação para outros usos; a redução das distâncias entre extração e uso, factível pelo fomento ao plantio florestal em diferentes regiões (desde que não concorram com a produção de alimentos); a recuperação de áreas florestais com ações de plantio; e o desenvolvimento de processos menos intensivos em energia para a etapa de secagem e transporte da madeira (PUNHAGUI, 2014).

Apesar destes apontamentos, é necessário destacar a potencialidade da madeira: é um material de origem natural e de fonte renovável que pode atuar a favor da redução das emissões se proveniente de manejo florestal. Para o seu crescimento[159], principalmente, a árvore absorve grandes quantidades de CO_2 sendo, por isso, considerada um material carbono eficiente, conforme demonstra os estudos realizados por Punhagui (2014), Hildebrandt *et al*. (2017), Kuittinen *et al*. (2013), Lehmann (2013). Lehmann (2013) aponta que 1 m³ de madeira chega a estocar uma tonelada de CO_2 – ou seja, construções em madeira podem atuar como eficientes depósitos de GEE. Cerca de 50% de uma árvore é composta por carbono absorvido do ar em seu processo de crescimento (HOWE, 2015). O CO_2 armazenado só retorna à atmosfera se esta madeira for queimada ou naturalmente degradada.

O processo de extração e beneficiamento da madeira também demanda menor consumo energético[160], se comparado ao do cimento e do aço. Segundo Kolb (2008), comparando pilares de três metros de altura, de mesma resistência, feitos em madeira, concreto, aço e tijolos, a madeira necessita 3,7, 9,3 e 1,8 vezes menos energia que o de concreto, aço, e tijolo, respectivamente. Por este motivo é classificada como um material de baixa energia incorporada e de fácil usinagem. A madeira também é considerada leve quando comparada aos mesmos materiais, em funções iguais, exigindo fundações menos robustas (portanto, utilizando menos materiais), facilitando processos de pré-fabricação, reduzindo demanda por transporte (portanto, menos energia e gases associados). A madeira pesa 5, 1,3, e 7 vezes menos que o concreto armado, aço, e tijolo, respectivamente, ou seja, trata-se de um material com uma boa relação resistência/peso (KOLB, 2008).

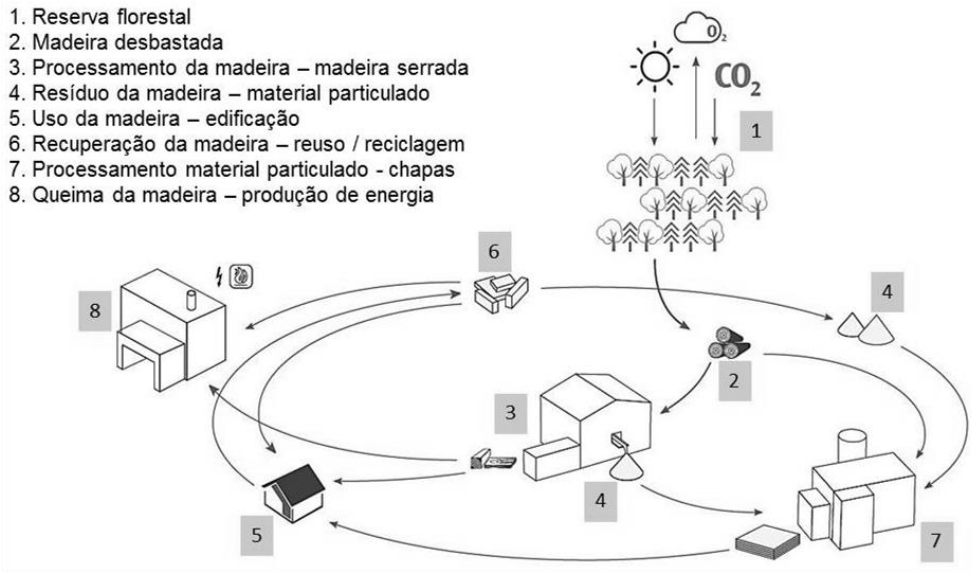
---

[159] As árvores possuem maior potencial de consumo de CO_2 durante a sua fase de crescimento e consolidação. Quando atingem sua estatura máxima, a quantidade de biomassa que liberam é equivalente à quantidade de CO_2 que absorvem, mantendo o equilíbrio de carbono com o meio ambiente. Estudos em defesa da madeira como depósito de CO_2 estabelecem o corte da madeira depois deste período de maior absorção de gases do ar. Se utilizadas em funções duradouras, prevendo diferentes ciclos de uso ao longo de sua vida útil, atuam enquanto depósitos de gases consolidados. Já a colheita da árvore abre espaço para novos plantios, portanto, nova captura de gases.

[160] Esta relação pode mudar, dependendo do produto da madeira a ser proposto. O gasto energético muda de acordo com o nível de processamento do material. Madeira roliça impacta menos que madeira serrada que impacta menos que a madeira engenheirada (em termos de emissões relacionadas à energia incorporada).

No que diz respeito ao aproveitamento do material e ao seu ciclo de vida, a cadeia produtiva da madeira pode ser organizada para a máxima conservação do material em uso, sendo facilmente reciclada, conforme apresentado na figura 10.

Figura 10 - Ciclo de vida da madeira = conservação, eficiência energética e reciclagem.



Fonte: Adaptado de Howe, 2015, p. 12.

Além da madeira, é necessário discutir outros materiais naturais, como as fibras, o bambu e a terra, que podem ser utilizados satisfatoriamente com baixa energia incorporada e, mais importante, se utilizados de maneira natural, pouco contribuem com emissões associadas a processos de transformação química. Em geral, estão disponíveis localmente, ou podem estar, se houver incentivos e demanda. E, ao final de sua vida útil, são naturalmente incorporados ao meio ambiente, desde que a eles não sejam adicionados produtos tóxicos.

As fibras naturais e o bambu atuam como a madeira: consomem CO_2 do ar para seu processo de crescimento, atuando como depósito de carbono na construção. Podem ser cultivados em diferentes territórios, ampliando a disponibilidade do recurso, reduzindo necessidade de transportes e aumentando localmente possibilidades de negócios, e podem ser utilizados para a recuperação de áreas degradadas. Neste sentido, definir e utilizar materiais renováveis pode servir como ações indutoras para novos usos da terra, desde que não concorram com áreas de produção de alimentos ou colaborem para o desflorestamento. Também é esperado que não sejam cultivados em extensivas áreas de monocultura, mas associados a outros tipos de culturas.

As fibras são materiais de baixa densidade, leves, de crescimento rápido e, em geral, abundantes na natureza, como a piaçava, o sisal, a juta, a fibra de coco e a de bananeira. Possuem múltiplas aplicações: isolamento térmico e acústico na composição de sistemas construtivos, como painéis de cobertura ou de

parede; aumento do desempenho e redução da retração elementos em terra, por exemplo; na composição de materiais, como adobes ou blocos de terra-palha; para amarração de elementos de bambu, quando transformadas em cordas; ou como elementos de vedação horizontal e vertical (LENGEN, 2002).

O bambu possui crescimento mais rápido que as árvores e pode ser plantado em diferentes tipos de solo e de relevo, sendo usado de maneira eficiente contra processos de erosão. Sua colheita é realizada sem que haja a supressão da planta, já que se extrai apenas o colmo desta, mantendo seu rizoma (parte subterrânea) preservado (BERALDO et. al, 2003). Possui diversas aplicações, de grandes estruturas onde se utiliza o material de forma integral, ou em fibras associadas a outros materiais.

Os processos construtivos relacionados ao uso da terra crua, por sua vez, estão associados ao baixo consumo de energia, seja para a sua extração, transporte (em geral, disponível no local), transformação (em geral, são utilizadas *in natura*) e emprego (em geral, associada a processos trabalho-intensivos). A terra possui propriedades diferentes dependendo da sua composição química, o que favorece o leque de possibilidades de técnicas associadas ao seu uso na construção, principalmente quando conjugada a outros recursos disponíveis localmente. Guillaud e Houben (1989) catalogaram 18 técnicas diferentes de construção em terra, divididas em três categorias:

a) Uso da terra de forma monolítica e portante: terra ensacada, terra plástica, terra empilhada, terra modelada, terra prensada (taipa de pilão);
b) Uso da terra como alvenaria portante: bloco apiloado, bloco prensado, bloco cortado, torrões de terra, terra extrudada, adobe mecânico, adobe manual, adobe moldado;
c) Uso da terra como enchimento de uma outra estrutura: terra de revestimento, terra sobre engradado (taipa de pilão), terra palha, terra de enchimento, terra de cobertura.

O não uso dos materiais naturais é justificado pelo seu baixo desempenho e durabilidade, o que é facilmente ajustado através de projeto executivo e de construção adequados, respeitando as características individuais de cada um. Para cada material já existe ampla bibliografia subsidiando seu melhor uso. No que diz respeito à madeira e ao bambu, também são conhecidos os cuidados no cultivo para o seu maior desempenho, assim como corretos processos de corte, proteção e secagem. Outro fator limitante está relacionado ao custo, ao maior tempo de produção e à ausência de mão de obra capacitada. E, por fim, também ao preconceito e à associação destes materiais com precariedade e provisoriedade (VALLE, 2011).

Além da origem e tipo do material, os autores como Giesekam, Barrett e Taylor (2016) e Lehmann (2013) discutem outras estratégias complementares, voltadas à eliminação de emissões de GEE e demais

impactos ambientais associados à exploração e ao uso dos materiais. Trata-se de economizar ou evitar a exploração de novos materiais *in natura*. As estratégias estão sintetizadas no Quadro 21.

Quadro 21 - Ações para a redução das emissões não relacionadas aos materiais.

- Redução de carbono como parâmetro de projeto;
- Reduzir a demanda por materiais intensos em carbono através de estratégias projetuais: substituir elementos, projetar sistemas construtivos por meio de design alternativo;
- Eliminar etapas construtivas dispensáveis;
- Reduzir a quantidade de materiais consumidos estudando diferentes possibilidades construtivas durante a fase de projeto;
- Utilizar materiais renováveis, propondo edificações de base biológica (*biobased building*);
- Optar por elementos construtivos leves, de modo a promover a otimização estrutural, reduzindo materiais necessários;
- Otimizar o uso dos materiais, evitando desperdícios, reduzindo resíduos de produção e de construção;
- Promover a reutilização e a reciclagem de materiais, componentes e elementos construtivos;
- Projetar edificações duráveis, mas não imutáveis, utilizando estratégias de montagem / desmontagem, design flexível e adaptável (discutido no capítulo 3);

Fonte: Giesekam, Barrett e Taylor (2016), Lehmann (2013), Clark (2010).

4.3.2. As dificuldades do setor e os impulsos necessários

Giesekam, Barrett e Taylor (2016) definem o setor da construção civil como altamente fragmentado, avesso ao risco e voltado ao fornecedor de materiais construtivos. Qualquer mudança incremental é lenta, assim como a difusão de inovações ou de preceitos – como seria a necessidade de redução de GEEs. Há dificuldade em se compreender toda a cadeia produtiva mobilizada na produção de edifícios, os quais, em geral, são resultados de projetos de caráter único. Neste sentido, novas experiências acabam por acontecer no âmbito individual de cada profissional. Também argumentam ser muito fraca a troca de conhecimentos entre a academia e a indústria, assim como a integração entre as diferentes equipes de projeto e a cadeia de suprimentos da construção.

Tendo em vista a possibilidade de reduzir as emissões através de um novo arranjo produtivo, em geral apoiado em contexto local, os autores reforçam a necessária existência de uma "legislação sensível", ou seja, se não há um modelo único a ser seguido é fundamental a existência de uma equipe preparada para analisar, em diferentes contextos, a pertinência das soluções e do uso dos materiais.

Shi, Yu e Zuo (2015), através de método Delphi aplicado em contexto chinês, mapearam o que consideram a força motriz para a descarbonização das edificações, aspectos apresentados no Quadro 22:

Quadro 22 – Força motriz para a descarbonização das edificações.

- Cooperação internacional: definição de medidas de desenvolvimento limpo, mas, principalmente, compartilhamento de conhecimentos, soluções e caminhos, e não de produtos;

- Gestão em nível macro: proposição de políticas públicas e regulamentações construtivas; desenvolvimento e aplicação de ferramentas de avaliação que transponham a decisão apenas do campo técnico;
- Desenvolvimento de teorias e tecnologias baseadas em baixo carbono: incluindo materiais, componentes e sistemas construtivos; geração de ferramentas de monitoramento de tecnologias de baixo carbono, de modo a ampliar dados que atestem a factibilidade de seu uso e estimulem novas aplicações; construção de projetos de demonstração amplamente disponíveis, de acesso a toda a população, para conhecimento de novas possibilidades;
- Educação de baixo carbono: incluir a discussão de baixo carbono nos currículos escolares de todos os níveis de ensino, em comunidades e escolas, visando conscientização sobre os impactos das escolhas humanas; promover treinamento profissional em tecnologias de baixo carbono, formando mão de obra capacitada (indicada como um dos principais gargalos ao uso de novas tecnologias).

Fonte: Shi, Yu e Zuo (2015).

Ou seja, condutas a favor da redução do impacto das edificações precisam estar integradas em diferentes frentes, principalmente de forma a reduzir a fragmentação das ações e as disparidades de entendimentos sobre um mesmo problema. Por isso, a literatura de baixo carbono sempre aponta ser imprescindível a ação do Estado como impulsionador de novas posturas (em geral, por meio de legislações, marcos regulatórios e políticas públicas), em conjunto com ações de formação e conscientização social (CLARK, 2010; GIESEKAM; BARRETT; TAYLOR, 2016; LEHMANN, 2013; SHI; YU; ZUO, 2015; WANG et. al, 2016; ZHANG; LI; ZHOU, 2017). Não agir nestas frentes dificulta avanços rápidos e contundentes, fundamentais no contexto de mudanças climáticas.

Por fim, é importante ressaltar a necessidade de equipes multidisciplinares trabalhando na concepção de um projeto, de modo a garantir o atendimento a questões globais de uma edificação, sem a necessidade de adaptações posteriores (DAWOOD *et al*., 2013; LEHMANN, 2013; SHI; YU; ZUO 2015), as quais não se pautam pela melhor escolha, e sim pela escolha possível, e isso é um impeditivo. O uso de ferramentas que possibilitam uma visão mais holística das escolhas, como as plataformas *Building Information Modeling* (BIM), em conjunto com ferramentas de análise, entre elas a ACV, são apontadas como importantes para a tomada de decisões a favor do baixo carbono.

4.4. Um passo adiante: algumas considerações

Este capítulo partiu de um contexto amplo, apresentando os principais fóruns de discussões sobre as emissões de gases de efeito estufa e as mudanças climáticas. E não é para menos. As discussões coletivas globais acabam por definir metas que se estendem do âmbito político para o setorial, como a arquitetura e a construção civil. Há, é certo, forte resistência a posturas que alterem o *status quo*, seja dos diferentes governos ou da sociedade que representam – aqui, em geral, através do interesse das grandes corporações que lhes sustentam.

Por sua vez, é cada vez mais reforçada a inviabilidade de deixar a cargo do mercado ações primordiais para a garantia da seguridade humana e das demais espécies, o que torna fundamental a efetiva participação dos diferentes Estados e agentes para a conformação de uma governança global voltada para a redução das emissões de GEE em diferentes escalas, como nos falam os autores estudados. Uma vez estabelecidas as metas, é necessário mobilizar ações contundentes a partir de políticas públicas, legislações, regulamentações, aplicação de penalidades, entre tantos outros instrumentos administrativos, jurídicos e legislativos possíveis de serem aplicados nas áreas da economia, saúde, educação, e todos os setores subjacentes. É importante ressaltar que esta organização global a favor da redução das emissões de GEE não deve implicar em soluções universais globais, mas multiplicar respostas, descentralizar produção, partir das necessidades e possibilidades locais.

A educação também é imprescindível para qualquer mudança geral de postura. Todos os astronautas da nave Terra devem estar cientes dos impactos causados ao planeta e que eles são maiores ou menores dependendo do modo como as necessidades humanas são formuladas e atendidas. E mais, o atendimento a estas necessidades pode comprometer, e falir, justamente a base que sustenta a continuidade da vida tal como conhecemos.

As respostas sociais às mudanças climáticas têm estado bastante comprometidas com a garantia das condições visando a perpetuação do atual modo de produção sendo, por isso, tão centradas em eficiência e em busca novas fontes de energia. Mas a demanda contínua e crescente por energia, assim como todos os demais recursos vinculados, apenas reforça que é preciso repensar a relação humana com o mundo, contestando as próprias necessidades e, principalmente, os meios utilizados para atendê-las. Ou seja, é necessário reduzir a demanda por energia e materiais repensando a maneira como organizamos a produção e o uso da edificação, de modo a preservar os diferentes recursos em sua origem, e não focando os esforços em apenas aumentar a eficiência produtiva.

A partir desta reflexão, pode-se estabelecer uma série de questionamentos para direcionar as ações concernentes à produção da edificação:

1) Precisamos de novas edificações ou existem bens construídos que atendem às demandas espaciais?

Se reduzir emissões e demais poluições e impactos é uma meta, deixar de produzir e de consumir é mais apropriado do que fazê-los com eficiência - deixar de produzir e de consumir bens reduz tanto o consumo de energia quanto de material. Neste sentido, maximizar o uso e a ocupação do patrimônio já edificado deve ser primordial, para só depois se pensar em novas construções. Além de reduzir todo o impacto relacionado a construção de novas edificações, também se deixa de produzir toda a infraestrutura

necessária a elas, como ruas, redes de drenagem e saneamento básico, escolas, centros de saúde – ou seja, também se promove o máximo uso dos demais bens construídos.

Existe uma série de impedimentos relacionados a este modo de operar, como a propriedade privada e a lógica de reprodução do capital em território urbano. Por isso, se faz necessária uma sociedade civil mobilizada e plenamente consciente dos impactos de suas escolhas e a ação do Estado (como instância representativa da sociedade, repensado e requalificado) como força motriz.

2) Se é imprescindível, como tornar o processo produtivo e construtivo de novas edificações menos impactantes e / ou menos carbono-intensivos?

Retomando alguns pontos já discutidos neste capítulo, pode-se priorizar o uso de recursos locais, de modo a reduzir a necessidade de transportes; optar pelo uso de materiais menos intensivos em carbono e de origem renovável; pautar a construção em processos menos intensivos em energia – ou seja, reduzir o carbono incorporado nas edificações (e suas diferentes partes) pela redução da necessidade de energia e do uso de materiais com alta emissão de carbono derivado de sua transformação física e química; utilizar materiais reciclados ou já utilizados; projetar bens duráveis, pensando em sua máxima permanência, através de princípios de desconstrução / desmontagem, assim como projeto flexível / adaptável; eliminar etapas construtivas dispensáveis evitando, na origem, a necessidade de materiais. É fundamental analisar as opções com o uso de Análise de Ciclo de Vida.

3) Como tornar o bem construído menos carbono-intensivo?

Aqui, por fim, discute-se a eficiência energética das edificações (a questão da energia operacional), priorizando estratégias passivas de conforto ambiental.

Este tipo de abordagem, preocupada em reduzir as emissões de carbono em sua origem, exige uma postura diferente da convencional dos profissionais envolvidos na construção da edificação, em especial do arquiteto. Ela exige a compreensão total 1) do processo de produção da edificação e da cidade, passando pela questão da propriedade privada da terra, quando se discutem os limites de ocupar / habitar edificações já existentes; 2) da totalidade das etapas da cadeia de produção dos materiais e da edificação, incluindo origem e composição dos materiais, modos de projetar e utilizar materiais, elementos e sistemas construtivos; 3) do entendimento físico do objeto construído, como o funcionamento dos sistemas estruturais e complementares, requisitos para reforma e adaptações, as condições necessárias para o conforto ambiental; e 4) a organização dos espaços e suas interações. Além deste entendimento, também são necessários engajamento e posicionamento crítico diante das soluções e de seus limites.

Capítulo 5: Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono

A crise ambiental [...] é a crise do efeito do conhecimento sobre o mundo (LEFF, 2006, p. 16).

Nos quatro primeiros capítulos desta tese apresentamos e discutimos os temas chaves para Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono: a tecnologia, a sustentabilidade e o baixo carbono. Além dos objetivos estabelecidos em cada capítulo, este percurso de revisão bibliográfica buscou compreender cada conceito, bem como apresentar a dimensão dos problemas a serem enfrentados pelo campo da arquitetura e da construção civil para reduzir seus diferentes impactos negativos e ampliar seus impactos positivos, principalmente em relação às emissões de gases de efeito estufa. Também procurou problematizar e superar as principais discussões sobre sustentabilidade e baixo carbono correntes, em geral centradas na viabilidade econômica, nos chamados materiais construtivos sustentáveis, na eficiência energética e no conforto ambiental, buscando revelar a necessidade de um olhar mais sistêmico sobre as ações do setor.

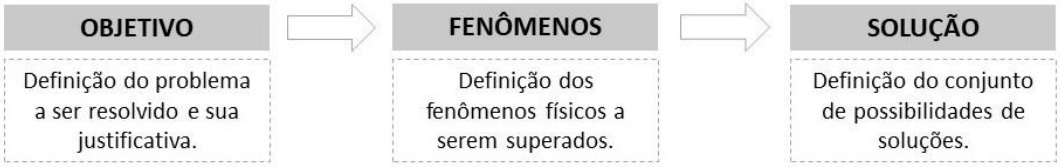
Da síntese deste longo percurso de revisão bibliográfica, que foi de mapeamento, de posicionamento, de reflexão, de revisão e de formação, foi construído o conceito de Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono. O objetivo principal deste capítulo é apresentar e caracterizar os princípios que definem TCBC. Para tanto, está dividido em oito partes: na primeira, é apresentado o percurso da pesquisa, resgatando e registrando o processo de elaboração das categorias de análise. Na segunda, cada categoria é detalhada. Na terceira, são estabelecidos quais princípios sintetizam cada categoria (processo de nomeação). Na quarta, é realizada a discussão sobre as relações estabelecidas entre as diferentes categorias e princípios definidores de TCBC. Na quinta, por fim, elaboram-se as considerações sobre TCBCs. Na sexta, sétima e oitava partes são discutidos aspectos que permitem a criação de novas tecnologias, ou caminhos para inovações sociotécnicas, seus agentes e ações, e a universidade como espaço privilegiado para repensar e difundir tecnologias.

5.1. O percurso da pesquisa

A concepção de uma tecnologia tem como ponto de partida o entendimento do que seria “um problema

técnico a ser resolvido"[161], seja em termos de necessidades a serem atendidas ou limitações a serem superadas (ARTHUR, 2009). Parte da proposição de um objetivo onde são determinadas as funções a serem atendidas pela tecnologia ("para que"). Em seguida, são avaliadas quais estratégias e princípios poderão ser dispendidos para se alcançar o objetivo. Via de regra, estes princípios são decorrentes do entendimento dos fenômenos naturais. Na construção civil, lidamos com a força gravitacional, a ação de cargas estáticas e dinâmicas, permanente e acidentais, a resistência mecânica e estrutural, a condutividade, resistência e transmitância térmica, a dinâmica dos fluidos (ventilação, a reflexão, refração, difração, ressonância sonora) citando apenas alguns dos exemplos de aspectos físicos. O entendimento destes fenômenos é fundamental para que uma edificação fique em pé, seja segura, resistente e durável, e atenda a princípios de conforto ambiental de maneira passiva, sempre que possível. Em linguagem técnica, é esperado resistência estrutural, estanqueidade, desempenho estrutural, térmico, acústico, ao fogo, etc. Em geral, a definição de uma tecnologia segue o percurso apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Percurso para a definição de uma tecnologia.



Fonte: Adaptado de Arthur (2009).

Como vimos ao longo dos capítulos anteriores, em nossa atual sociedade a resposta aos problemas é influenciada, muitas vezes determinada, por agentes e condições que extrapolam o campo técnico. Ou seja, nem sempre é aplicada a melhor solução, mas a que melhor satisfaz os tomadores de decisões, em geral, interessados em manter o *status quo* (econômico, social, político etc.). Resulta deste processo de desenvolvimento tecnológico uma série de problemas, por vezes entendidos como externalidades ou "preço a ser pago pelo progresso", como o é o aquecimento global. Por isso, mais do que entender os fenômenos físicos que serão superados na concepção de uma tecnologia construtiva é importante entender, para refletir, quais outros interesses estão imbricados nesta escolha.

O conceito TCBC deve suscitar a concepção, o projeto e a construção de tecnologias construtivas capazes de reduzir a emissão de GEE no processo de produção, uso, manutenção, reuso e descarte de edificações e de suas partes. Mas não apenas isso. É fundamental que promova relações que garantam outro modo de articular os diferentes setores e subsetores da construção, assim como da construção com o meio ambiente, com o uso da terra, com a cidade, com o trabalho e a organização social,

[161] Para Arthur (2009) um outro caminho para o desenvolvimento de uma tecnologia parte da descoberta de um fenômeno físico, abrindo um leque variado para novas aplicações.

entendendo que a emissão de gases decorre de como estas relações são arranjadas. Também é esperado que colaborem efetivamente para o desenvolvimento humano acessível a todos de maneira ampla e mais igualitária.

Ainda que tenhamos partido da hipótese de que as ações atualmente empreendidas pelo setor da construção da edificação são insuficientes para a redução de seus impactos, entre eles as emissões de GEE, foi fundamental compreender quais são as principais abordagens, porque são insuficientes, e o que é preciso ser contestado e discutido. O entendimento sobre a imprescindibilidade de se questionar o modo de produção e a organização social para discutir novas possibilidades, tanto para a construção da edificação de baixo carbono, quanto para avanços a favor da sustentabilidade, foi resultado da revisão bibliográfica sobre a tecnologia. Ao buscar compreender o que é e como ocorre a formulação e o desenvolvimento de tecnologias ficou evidente não se tratar de um processo embasado na técnica, um processo cientificamente neutro para se obter a melhor resposta a um problema. Trata-se, sim, de uma resposta orientada por determinados propósitos, em geral, da classe economicamente dominante. E, neste ponto, ficou claro o argumento de Marx (2013, p. 669), de que a "[...] A tecnologia desvela a atitude ativa do homem em relação à natureza, o processo imediato de produção de sua vida e, com isso, também de suas condições sociais de vida e das concepções espirituais que delas decorrem".

Se, em um momento, a tecnologia foi desenvolvida visando atender a necessidades humanas (como discutimos no capítulo 01), hoje ela é uma ferramenta utilizada para atender a necessidade do mercado, para manter o ritmo de produção e o consumo irrestrito de bens que sustentam a economia. E aqui está o principal problema a ser ultrapassado, pois se os impactos decorrem deste processo de produção e consumo infinitos, eles não deixarão de acontecer mediante ações de produção e consumo eficientes, ou pela mudança da matriz energética, mas apenas reduzirão sua velocidade (GEORGESCU-ROEGEN, 2012). Nesta perspectiva, sendo o atual modo de produção determinado pelos princípios do capitalismo foi necessário entender as bases e o *modus operandi* do sistema capitalista, ainda que superficialmente, principalmente seus resultados e as suas contradições pois, se tecnologia é em si uma entre as diversas manifestações sociais, dela também fluem os princípios e as contradições das relações de produção estabelecidas para a reprodução material da vida, tal como explicado por Marx (2013).

É por isso que esta tese não discute as questões da arquitetura e da construção civil isoladamente. Cada capítulo traz uma abordagem de ordem geral antes de se ater ao campo de interesse. Isolar o setor do campo geral seria negar a sua correlação com o todo e deixar de entender que os problemas deste decorrem do modo como se organiza e se sustenta o todo. E, da mesma forma que os problemas são compartilhados, também o são o desejo por novas abordagens, o que aparece mais evidentemente quando se discute desenvolvimento sustentável (capítulo 02).

Problematizar o desenvolvimento, em especial o enfoque que o relaciona com o imperativo do crescimento econômico (portanto, crescimento da produção, do consumo, do descarte e, mais importante, aumento da extração de recursos naturais, da produção de energia, das diferentes redes de conexão, do transporte etc.) foi fundamental para escancarar as contradições das soluções colocadas a favor da sustentabilidade e do baixo carbono, demonstrando o quanto são insuficientes e parciais, favoráveis à manutenção das mesmas condições responsáveis pelos impactos que se querem refutados e / ou minimizados. E, mais uma vez, possibilitou compreender os valores empenhados para o desenho e a aplicação das tecnologias, as quais, fechando um ciclo de pensamento, são empenhadas enquanto importantes ferramentas a favor da concepção mais difundida de desenvolvimento (igual a crescimento econômico), sendo muitas vezes apresentadas enquanto sinônimas do desenvolvimento (desenvolvimento tecnológico = desenvolvimento social e econômico).

Buscando superar as contradições e as insuficiências encontradas, foi realizada a seleção e a leitura de autores dedicados a apresentar novas abordagens a favor da tecnologia, da sustentabilidade e do baixo carbono – textos que partilhassem, ou mesmo elucidassem, as discussões que orientaram o percurso desta pesquisa, críticos à lógica da produtividade. Desta revisão resultou um conjunto de possíveis e potenciais discussões / ações / estratégias capazes de serem aplicadas na concepção de uma outra tecnologia construtiva – nosso campo de interesse.

O produto desta etapa da pesquisa, de revisão bibliográfica, foi um grande e complexo mapeamento de resultados, possibilidades, potencialidades, contradições e insuficiências de abordagens, processos e ações relacionados à concepção e produção da edificação sustentável e de baixo carbono, bem como da tecnologia construtiva. Para organizar este mapeamento foram formuladas três perguntas indutoras:

- De que forma ocorrem as emissões de GEEs na construção da edificação? Quais são as ações e os processos que definem ou colaboram para tanto?
- Quais são os outros impactos negativos associados (ambientais, sociais etc.) para além da emissão de gases?
- Quais são as ações e os processos necessários para a efetiva redução das emissões de GEEs e demais impactos negativos relacionados à arquitetura e à construção, especialmente na construção da edificação, que colaborem, ao mesmo tempo, para o desenvolvimento humano acessível a todos de maneira generalizada e mais igualitária?

Resumidamente, o roteiro seguido para a conformação do quadro síntese baseou-se na abordagem da negação, qual seja, identificar quais condições / situações contribuem para o impacto negativo da construção civil para, então, propor ações capazes de conformar um outro cenário, ações embasadas pelo conjunto dos temas e dos autores consultados.

A partir das perguntas foi formulado o Quadro 23 dividido em três colunas. O mapeamento da literatura, elaborado a partir das discussões realizadas nos quatro primeiros capítulos da tese, permitiu identificar 16 situações que contribuem para a emissão de gases na construção da edificação. Como pode ser verificado, nem todas as situações são diretamente compreensíveis e exigem do leitor um esforço de correlação entre a construção da edificação e as diferentes decisões estabelecidas ao longo de todo seu ciclo de vida (do projeto à demolição / descarte final).

Quadro 23 – Mapeamento da literatura em resposta às perguntas indutoras.

PROCEDÊNCIA DOS GEEs	OUTRAS IMPLICAÇÕES	POSSIBILIDADES
1) Ao considerar a natureza como fonte inesgotável de recursos (materiais e energéticos);	Desperdício, uso inadequado, esgotamento de recursos importantes; exploração e alteração do uso do solo;	Racionalidade produtiva; design para a continuidade; arquitetura passiva; priorizar material de origem renovável; aplicação de ACV; aplicação 8Rs;
2) Ao alterar o uso da terra para a exploração de recursos, para a deposição de resíduos e construção de edificações;	Destruição de biomas; poluição do ar / água / solo; emissão de CO_2; ocupação desnecessária de áreas que poderiam ser preservadas; alteração do relevo;	Design para a continuidade; ACV; repensar o modo de implantação de edificações e cidades; priorizar o uso de materiais renováveis; 8Rs;
3) Ao considerar os impactos negativos (sociais, ambientais, econômicos, culturais) como externalidades do processo de produção;	Poluição do ar / água / solo; envenenamento; desigualdade social; destruição de povos / culturas e biomas; alteração uso do solo;	Incorporar os custos dos impactos aos produtos a fim de fomentar a busca por novas soluções; implementar ecotaxas; evidenciar, para superar, os impactos através de ACV;
4) Ao priorizar as decisões, em todas as etapas da construção civil, almejando o aumento da produtividade e do lucro, e a redução dos custos / tempo de produção;	Aumento na exploração dos recursos; exploração do trabalho e do trabalhador; concentração dos lucros; aumento da desigualdade; aumento na emissão de CO_2; criação de necessidades; obsolescência; concentração de riqueza;	Adicionar outras variáveis ao processo de decisão para além da produtividade; alterar o arranjo de pessoas para a tomada de decisões; aplicar ACV; educar socialmente para a mudança de valores;
5) Ao transformar tudo em produto descartável, não passível de reutilização ou manutenção;	Necessidade de exploração de novos recursos e extração contínua de matéria-prima; esgotamento de recursos importantes; uso da terra para depósito de resíduos; geração de poluentes; destruição de biomas; alteração do uso da terra para aterros;	Design para a continuidade; aplicação de ACV; formação profissional para reforma, manutenção e desmontagem de edificações; 4Rs; racionalidade produtiva; projeto racionalizado; produção circular; política pública aplicada e fiscalizada para destinação final de resíduos, reuso e reciclagem; uso de materiais simples (não compostos), pouco processados;
6) Ao desperdiçar materiais e gerar resíduos em todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação;		
7) Ao universalizar as soluções visando redução de custos – projeto, materiais, arranjo do trabalho;	Desconsidera as especificidades e potencialidades locais assim como a capacidade criativa humana; gera emissão CO_2 no transporte;	Descentralizar, diversificar, considerar caraterísticas e potencialidades locais; promover a economia utilizando os recursos locais (material e mão de obra);
8) Ao prezar pela produção em escala para a redução dos custos;	Desconsidera a diversidade social; gera espaços monótonos e segregação social; reduz o custo do trabalho;	Diversificar tipologias habitacionais considerando a variação de arranjos familiares; considerar as características locais; priorizar o trabalho;

PROCEDÊNCIA DOS GEEs	OUTRAS IMPLICAÇÕES	POSSIBILIDADES
9) Ao concentrar renda, poder de decisão, conhecimento e meios de produção;	Acumulação e concentração de capital; aumento da desigualdade social e político-econômica; subordinação social à classe dominante;	Participação social; colaboração, ajuda mútua; compartilhar conhecimento; descentralizar os meios de produção; distribuir renda por meio do trabalho;
10) Ao priorizar capital intensivo em detrimento ao trabalho intensivo para redução de custos;	Substituição do trabalhador por máquinas e ferramentas, ou por processos de gestão do trabalho; desemprego; redução do valor da força de trabalho; destruição do conhecimento do trabalhador; trabalhador perde sua ferramenta;	Priorizar trabalho intensivo em detrimento ao capital intensivo valorizando o trabalho e o trabalhador; uso de ferramentas acessíveis; formação profissional;
11) Ao consumir energia (em sua forma operacional e incorporada) por meio de uma demanda sempre crescente.	Necessidade de geração de energia extra;	Design passivo; geração de energia renovável; eficiência energética das edificações; substituição de materiais e elementos intensivos em energia; priorizar soluções e materiais locais (reduzindo distancias); utilizar maquinários eficientes e materiais pouco processados;
12) Ao priorizar o uso de energia de fontes fósseis;	Poluição e destruição de biomas; conflitos geopolíticos; uso de subsídios públicos;	Uso de fontes de energia renovável; usar o poder da fotossíntese; reduzir a necessidade de energia;
13) Ao utilizar materiais responsáveis por grande emissão de CO_2, de maneira descartável, assim como materiais tóxicos ou com alguma toxicidade, não passíveis de reincorporação na natureza;	Poluição e destruição de biomas; aumento da necessidade de aterros;	Restringir o uso de materiais de alto impacto, ampliando seu reuso e reciclagem; buscar novas soluções construtivas; optar por materiais que atuem enquanto depósito de carbono, ou tendam a neutralidade, ou sejam biodegradáveis;
14) Ao priorizar o custo em detrimento da qualidade e do desempenho da edificação;	Baixa durabilidade da edificação e suas partes; geração de resíduos; necessidade de novas explorações para a substituição de partes avariadas;	Garantir passivamente conforto ambiental; garantir reforma e manutenção acessíveis; garantir a qualidade e desempenho dos itens utilizados; repensar o projeto de edificações e tecnologias construtivas;
15) Ao flexibilizar, ou desconsiderar, sistemas capazes de desencorajar o uso de materiais e processos de alto impacto ambiental, assim como políticas que incentivem o reuso e reciclagem de Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou materiais renováveis.	Poluição e destruição de biomas; manutenção da produção e do consumo infinitos e do paradigma vigente; geração de resíduos; aumento de aterros e áreas de descarte; baixa conscientização do setor;	Ecotaxas; legislações; políticas públicas; regulamentações construtivas; linhas de crédito; linhas de pesquisa; programas de ensino e formação;
16) Ao destituir os diferentes agentes do setor da compreensão do impacto de sua ação, e de suas escolhas em função do lucro e do "progresso";	Impactos ambientais permanentes; aplicação de soluções parciais ou de interesse particular; ausência de conscientização para novas práticas;	Educar (ensino universal e profissional); dar acesso a ferramentas; criar espaços coletivos de decisões; fortalecer as instituições reguladoras;

Fonte: Autora, 2021.

Uma vez estabelecido o quadro síntese, o qual não esgota o assunto e nem as possibilidades, iniciou-se o processo de categorização (enquadramento) das informações. A divisão dos itens foi acompanhada

pelo esforço de nomeação do campo de abordagem. O produto deste processo foi outro quadro de informações categorizadas, o qual passou por diferentes etapas de recorte, acréscimo, esclarecimento e reorganização (Figuras 12, 13 e 14). O cuidado constante nesta etapa foi o de garantir uma caracterização única para cada categoria sem a repetição ou a sobreposição dos conteúdos, mas correlacionáveis entre si para garantir uma visão ampliada dos diferentes campos a serem considerados para a definição de uma Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono.

Figura 12 - Primeira formulação das categorias TCBC – quadros com as informações.

Fonte: Autora, 2020.

Nesta primeira formulação (figura 12) todas as ações diretamente relacionadas às emissões de CO_2 foram agrupadas na categoria "redução da emissão CO_2". E este foi o primeiro questionamento deste agrupamento. Sendo a redução geral de CO_2 o que se pretende com TCBC é fundamental que todas as categorias colaborem para isso, seja de forma direta ou indireta. Portanto, reduzir emissões se configura como um eixo transversal, sendo um resultado que deve estar presente em todas as categorias.

Outro ponto importante foi entender as especificidades dos conteúdos categorizados, questionando a ordem categoria – conteúdo. Isso porque as categorias são itens maiores que definem em seu corpo um conjunto coerente de pressupostos e de conteúdos. Deste processo, considerou-se como categoria o design para a durabilidade, a discussão sobre a produção e o uso de energia (operacional e incorporada), a definição dos custos e as formas de decisões relacionadas ao setor – passando de cinco para oito categorias. O resultado deste processo é apresentado na Figura 13, "segunda formulação das categorias".

Figura 13 - Segunda formulação das categorias TCBC – quadros com as informações.

Design para a durabilidade

- Aumentar a qualidade e a durabilidade de componentes e sistemas construtivos
- Aplicar o princípio dos 4Rs (Repensar, reduzir, reutilizar e reciclar) no projeto e uso de componentes e sistemas construtivos
- Evitar o uso de substâncias tóxicas que impeçam o descarte, reciclagem ou reuso do material ou componente construtivo
- Design para a durabilidade
- Projeto flexível
- Projeto modular
- Projeto de fácil manutenção
- Priorizar o uso de materiais pouco processados, simples ao invés de compostos (fundidos) de fácil separação e reaproveitamento
- Simplicidade técnica
- Elementos substituíveis

Trabalho intensivo

- Uso de componentes simples
- Projetar componentes, unidades e sistemas passíveis de reforma e manutenção
- Projetar componentes, unidades e sistemas executáveis por meio de ferramentas simples / meios de produção acessíveis.
- Sistemas construtivos simples e apropriáveis
- Promover a autonomia do trabalhador, sua especialização, por meio de um processo de trabalho simples.
- micro-produção: pequenas empresas – dividir o poder
- Design para a durabilidade
- Formação profissional
- Canteiro de obras como espaço de aprendizagem = canteiro escola
- Apoiar a autonomia
- Simplicidade técnica
- Elementos substituíveis

Uso da terra

- Priorizar o uso de recursos renováveis
- Reduzir o consumo de materiais de alto impacto ambiental, altamente transformado
- Recuperar áreas degradadas como fomento à construção civil
- Priorizar o uso de ecotécnicas
- Priorizar biodegradáveis
- Design para a durabilidade – não explora novas áreas e reduz espaços de aterros sanitários
- Materiais renováveis

Energia

- Reduzir energia incorporada nos materiais e processos
- Reduzir a energia operacional de uma edificação – eficiência energética
- Design passivo
- Energia produzida no local
- Reduzir o consumo de fontes de energia de alto impacto ambiental
- Priorizar o uso de materiais pouco processados,
- Reduzir a necessidade de transporte
- Priorizar material pouco transformado
- Reduzir a necessidade de grandes máquinas

Local

- Uso de recurso material local
- Uso de recurso humano local
- Uso de recurso financeiro local
- Respeito à cultura local
- Recuperação da cultura construtiva local / tradicional
- Priorizar o uso de ecotécnicas
- Adequado a produção em pequena escala
- micro-produção: pequenas empresas – dividir o poder
- Design para a durabilidade
- Sistemas construtivos simples e apropriáveis
- Encorajar a coesão social
- Reconhecer valores intangíveis (identidade, experiência acumulada)
- estimular a criatividade
- apoiar a autonomia
- preservar e transmitir valores herdados / culturas construtivas
- diversidade de soluções
- singularidades diferente de universalidade

Racionalidade produtiva

- Promover sistemas produtivos circulares onde sobras e resíduos sejam valorizados enquanto recurso
- Máximo aproveitamento dos recursos, sem desperdícios
- Modularidade
- Padronização
- Design para a durabilidade
- Projeto modular
- Reduzir o consumo – por exemplo, não fazendo revestimentos em argamassa

Custo

- Diversificar as varáveis na composição final do custo: custo de produção, custo ambiental, custos social
- Precificar custo de preservação e não utilização de recursos
- Custo de manutenção
- Custo de descarte

Decisões

- Descentralizada
- Apoiar decisões projetuais em ACV e ACV CO2
- Evitar sistemas produtivos poluidores
- Uso de materiais que atuam enquanto depósito de carbono
- Participativa, colaborativa, diversificada, multidisciplinar
- Soluções plurais
- Pegada de carbono
- Pegada ecológica

Fonte: Autora, 2020.

Da “segunda formulação” para a “terceira formulação” houve a alteração do título de uma das categorias: de “design para a durabilidade” para “projeto para a permanência”. Essa mudança foi resultado do questionamento realizado por outra pesquisadora (Anaïs Perrin) do grupo de pesquisa durante os seminários internos de pesquisa: Como aliar a discussão de durabilidade com os materiais naturais ou mesmo aqueles que são biodegradáveis? Eles não serão uma possibilidade para a definição de TCBCs?

A discussão sobre a durabilidade busca garantir a máxima permanência, em condições ótimas de desempenho e de uso, de componentes e sistemas construtivos. Isso não quer dizer que não haverá manutenção nestes elementos, pelo contrário, estas ações deverão estar previstas em projeto (ABNT, 2013). Aliás, a escolha sobre a durabilidade dos componentes e sistemas é realizada a partir da avaliação do custo inicial a ser empenhado e a garantia do tempo de vida previsto em norma técnica (AGOPYAN; JOHN, 2011), em especial a série NBR 15575 de Desempenho das edificações habitacionais, de 2013.

A busca pela durabilidade, no entanto, pode ser justificativa para soluções que potencializam os

diferentes impactos ambientais ao priorizar tempo e custo em detrimento a outras questões, como a origem dos materiais, os processos que resultam nos materiais e as suas possibilidades de reuso, reciclagem / descarte final dos mesmos. Como é recorrentemente afirmado por Agopyan e John (2011), a durabilidade não deve ser um atributo inerente ao tempo quando se discute a sustentabilidade, por isso é fundamental a aplicação de ACV de forma a compreender sistematicamente os resultados de cada escolha. E mais, a durabilidade é mais uma questão de aplicação de conhecimento do que propriamente de escolha do material. Como argumenta John *et al*. (2002), ela decorre de questões relacionadas ao correto emprego dos diferentes materiais, definidas em projeto e executadas em canteiro, das condições ambientais e de exposição da edificação, do arranjo entre os diferentes materiais e sistemas, e das condições de uso e de manutenção.

Buscando fugir de um possível entendimento parcial de durabilidade relacionada a tempo, foi realizada a troca dos nomes para a definição desta categoria. Contudo, é importante reforçar que ela compartilha dos preceitos da durabilidade, como a "capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas no manual de uso, operação e manutenção" (ABNT, 2013, p. 7). Por funções da edificação estão o desempenho, a segurança e a habitabilidade.

Sendo assim, é possível ampliar a gama de materiais utilizados, naturais e até mesmo biodegradáveis, desde que trocas e manutenções estejam previstas em projeto sem o comprometimento da seguridade e estabilidade geral da edificação, e que estas diferentes partes estejam acessíveis aos usuários – tanto os materiais, componentes e sistemas, quanto a existência de mão de obra devidamente capacitada para a realização dos serviços de adequação e de reforma. Esta escolha não é novidade, visto que muitos povos têm mantido historicamente esta dinâmica, como tribos indígenas na troca anual da cobertura das edificações, os japoneses na desconstrução e construção dos templos em madeira[162] (LENGEN, 2013) ou a reconstrução anual do reboco da Mesquita de Djenné, no Mali - África (FERREIRA, 2014). Estas experiências demonstram a importância da apropriação da tecnologia pelos diferentes povos, o que colabora para a durabilidade de suas construções.

Além da alteração no nome da categoria, nesta etapa foi realizado um esforço de agrupamento do conteúdo de cada categoria de modo a condensar e tematizar as informações. Deste processo resultou a Figura 15, "formulação final das categorias TCBC". É importante apontar que a "formulação final das categorias" passou novamente por reformulação durante o seu detalhamento, como poderá ser verificado

[162] Nestes exemplos, a oportunidade de reforma, adequação ou reconstrução das edificações atua enquanto importante mecanismo para a transferência do saber construtivo, perpetuando as culturas construtivas locais – sua materialidade e o conjunto de conhecimentos associado a ela (LENGEN, 2013).

no subcapítulo 5.2.

Figura 14 – Terceira formulação das categorias TCBC – tabela com informações.

1. Projeto para a continuidade	2. Trabalho intensivo	3. Uso da terra	4. Energia	5. Local
1. **Qualidade** construtiva, espacial e ambiental: construção durável, espaço adaptável, ambiente saudável. 2. **Materiais adequados:** sem toxicidade, pouco processados, simples (ao invés de compostos). 3. **Sistema adequado**: simplicidade técnica; elementos substituíveis. 4. **4R's**: aplicar princípios de reutilização e reciclagem no projeto e na construção. 5. **Desmontagem / desconstrução**: aplicar princípios para o projeto e construção de edificações. 6. **Construção permanente**: projeto flexível, adaptável, de fácil reforma.	1. **Simplicidade técnica**: de ferramentas e maquinários, de execução, reparo e reforma, de aprendizado (apropriáveis). 2. **Elementos substituíveis**: facilidade de reforma e manutenção. 3. **Microprodução**: estimular pequenas empresas de atuação local – divisão de poder. 4. **Autonomia** do trabalhador: técnica apropriável, aprendizado difuso, estímulo à criatividade.	1. **Recursos renováveis**: incentivar seu uso como forma de recuperar áreas degradadas, fomentar emprego e renda, preservar recursos escassos não-renováveis. 2. **Recursos biodegradáveis**: 3. **Uso otimizado dos recursos**: otimizado, com redução de perdas e de geração de resíduos, inseridos na lógica da reutilização e reciclagem. 4. **Impacto ambiental**: Reduzir o consumo de materiais de alto impacto ambiental, altamente transformado, de difícil transformação ou recuperação. 5. **Integração ao ambiente local**: localizar-se adequadamente, respeitando e potencializando características locais.	1. **Energia incorporada**: Reduz energia incorporada nos materiais e processo; priorizar materiais pouco processados; simplifica a construção; reduz a necessidade de transportes e de grandes máquinas. 2. **Energia operacional:** Reduz a energia operacional da edificação através de estratégias de eficiência energética (design passivo, equipamentos eficientes etc.) 3. **Fontes renováveis:** Prioriza o uso de energia proveniente de fontes renováveis.	1. **Recurso local:** material, humano, financeiro, técnico. 2. **Escala local:** ser adequado à pequena escala; estimular microprodução; gerar emprego e renda locais. 3. **Cultura construtiva local**: preservar / recuperar / transmitir. 4. **Singularidades locais:** promover a diversidade de soluções, criatividade e autonomia. 5. **Coesão social:** encorajar processos participativos, espaços coletivos.

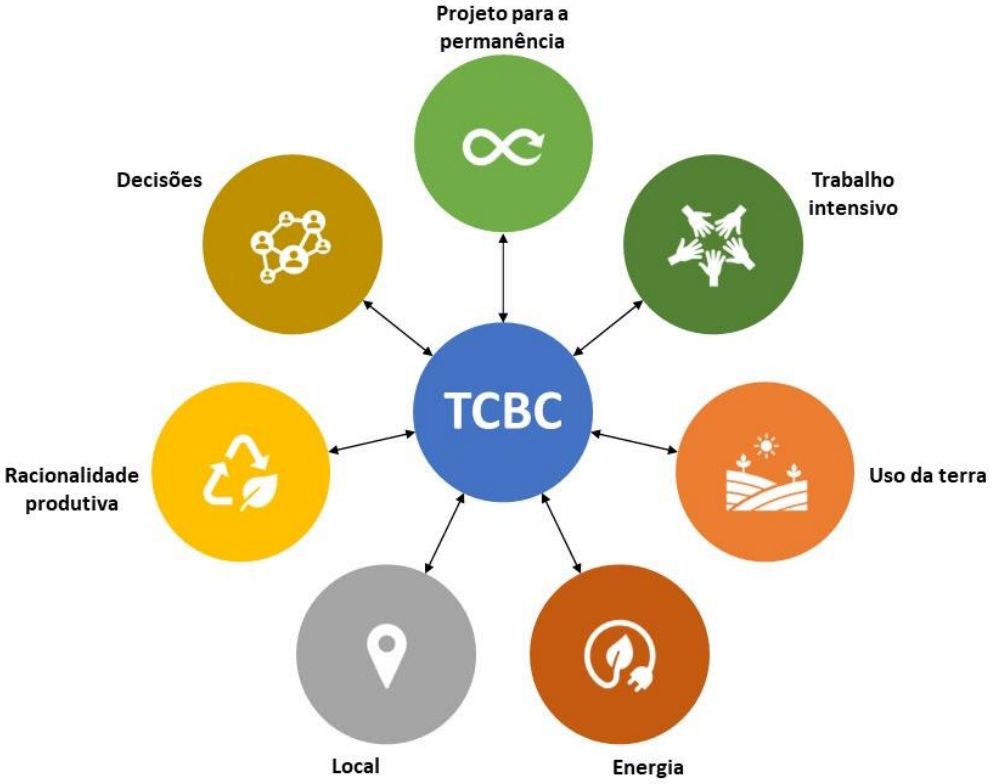
6. Racionalidade produtiva	7. Custo	8. Decisões
1. **Circularidade:** Sistemas produtivos circulares. 2. **Máximo aproveitamento dos recursos**: sem desperdícios; modularidade; padronização 3. **Redução do consumo**: evitar etapas construtivas dispensáveis (p.e. reboco)	1. **Extrapolar custo de produção** na definição do custo final de um produto: incluir custo de manutenção e descarte de resíduos. 2. **Diversificar as variáveis na composição final do custo**: custo de produção, ambiental, social etc. 3. Incluir as **externalidades** do processo de produção como parte do custo final de um produto. 4. Considerar **serviços ambientais prestados**: optar por preservação de recursos naturais em detrimento de sua exploração comercial.	1. **Descentralizada** 2. **Participativa**: colaborativa, diversificada, multidisciplinar 3. **Apoiada em ferramentas de análise**: ACV e ACV CO2, pegada ecológica / hídrica etc. 4. **Preocupadas com o aquecimento global**: evita emissões, materiais carbono eficientes, economiza energia, evita poluição

Fonte: Autora, 2021.

Após nova avaliação das categorias do diagrama realizada a partir de pergunta indutora (como cada categoria pode implicar no desenvolvimento de uma TCBC?) houve a percepção de que o custo extrapola a questão da tecnologia, apesar de influenciar diretamente o seu desenho. Trata-se de uma questão transversal, assim como é a discussão sobre a educação e a proposição de políticas públicas. Por serem transversais, elas atuam enquanto condições ou limites à proposição de TCBC, aspectos discutidos nas considerações finais desta tese.

Por fim, do processo de pesquisa realizado até este ponto foi possível sintetizar o primeiro diagrama TCBC, apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Diagrama TCBC com a apresentação das sete categorias de análise.



Fonte: Autora, 2021.

O próximo passo da pesquisa consistiu em, através das categorias de análise, definir os princípios TCBC. Num primeiro momento de formulação houve o entendimento de que as categorias eram elas mesmas os princípios. No entanto, uma nova revisão da referência metodológica evidenciou a necessidade de melhor qualificar, a fim de tornar mais diretamente apreensível, cada princípio. Desta forma, se o desenvolvimento de TCBC mobiliza todas as questões colocadas pelas categorias de análise para a sua formulação, qual particularidade de cada categoria define os diferentes princípios de TCBC? Em um segundo momento, como se correlacionam as categorias e os princípios?

5.2. Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono: categoria e caracterização

Esta etapa da pesquisa tem por objetivo apresentar, caracterizar e justificar as categorias de análise para, na sequência, nomear os princípios responsáveis pela conceituação de TCBC. O texto a ser apresentado resgata, rememora e amplia diversos temas e assuntos já discutidos nesta tese, sendo mais extenso quando o tema foi pouco tratado nos capítulos anteriores.

Para cada categoria, mas não para todas, são apresentados dois quadros: no primeiro, são descritos os objetivos de cada categoria, uma maneira de circunscrever / delimitar os assuntos mobilizados quando nos referimos a ela. No segundo quadro são apresentados aspectos mais práticos, diretamente aplicáveis, a serem considerados para o desenvolvimento de um projeto de TCBC – uma tentativa de

aproximar a teoria do campo prático que é a arquitetura e a construção.

Aqui, duas ressalvas se fazem importantes: tanto a categoria quanto os aspectos práticos relacionados a ela têm como meta auxiliar no desenvolvimento de uma tecnologia construtiva, a qual irá resultar na edificação. Por isso, ao analisar as categorias e os seus aspectos é necessário ter em mente o que se relaciona à tecnologia construtiva e o que dela resulta em edificação. Não se trata do projeto de edificação.

A segunda ressalva se refere aos limites da categorização e de seus aspectos. Apesar do empenho para que abranja o maior leque de questões conexas possíveis, trata-se de um olhar particular (da pesquisadora e de sua orientadora) amparado por um extenso conjunto de referências, mas, ainda assim, limitado, já que resultado de recortes e de direcionamentos. Sendo assim, é esperado que existam falhas e a necessidade de correções e complementações ao longo da continuidade da pesquisa, principalmente ao colocar o conceito em prática – lembrando que esta pesquisa faz parte de um projeto maior, sendo apenas um item de suas pretensões iniciais.

Categoria 01: Projeto para a permanência

Esta categoria retoma a discussão realizada no subcapítulo “3.2 Projeto para a continuidade”. Propõe pensar meios para a maior permanência das edificações e das suas partes em condições ótimas de uso contribuindo, de forma direta, para a preservação dos recursos através de sua não exploração / produção (materiais, energéticos, monetários etc.) e, assim, a não alteração do meio ambiente e todos os impactos decorrentes deste processo, em especial, a alteração do uso da terra. Evita todas as emissões de gases e poluentes associados aos processos produtivos, tanto pelo uso da energia operacional e incorporada quanto pela transformação química e física decorrentes da produção dos materiais. Ademais, reduz a quantidade de resíduos gerados em processos de construção, manutenção e de demolição, os gases e a poluição gerados; minimiza a pressão sobre a terra, tanto para extração de novos materiais quanto para a deposição de resíduos; evita a poluição do solo e das águas em processos mal sucedidos de deposição final; estimula processos de reuso e reciclagem, e novas abordagens de projeto; e impulsiona a geração de trabalho e renda relacionados a processos de projeto, montagem / desmontagem e reforma de edificações.

Neste sentido, são objetivos da categoria projeto para a permanência (Quadro 24):

Quadro 24 - Objetivos da categoria “projeto para a permanência”.

Garantir a qualidade construtiva, espacial e ambiental das edificações e de suas partes: isso depõe contra a necessidade de se demolir edificações para a construção de outras mais adequadas. É importante que a construção seja apropriada e resulte em ambientes saudáveis.
Aplicar materiais passíveis de uso em vários ciclos técnicos: para isso, deve-se priorizar aqueles que são livres de toxicidade, pouco processados e simples (ao invés de compostos). Isso permite ações mais facilitadas de reuso, reciclagem e descarte final, reduz a poluição do meio ambiente e o uso de energia em processos produtivos e as emissões de gases de efeito estufa relacionados ao seu ciclo de vida. É importante introduzir o uso de materiais reciclados / reutilizados no processo de projeto de edificações e suas diferentes partes a fim de manter o ciclo de uso –> desmontagem / desconstrução –> novo uso.
Aplicar conceitos de montagem / desmontagem / desconstrução ao projeto e à construção da edificação e de suas partes: isso permite o máximo uso de elementos extraídos da natureza, já processados, evitando novas extrações e toda a poluição e consumo de energia associados. Desta forma, é reforçada a aplicação dos princípios de reuso / reciclagem ao processo de projeto, além das noções de reduzir / repensar necessidades.
Projetar visando simplicidade construtiva: para que o processo construtivo seja facilmente apropriável pelos trabalhadores, preze pelo essencial eliminando etapas e procedimentos dispensáveis na construção, e considere a possibilidade da fácil substituição de partes avariadas sem o comprometimento da edificação.
Projetar para a construção permanente: aplicar princípios de projeto flexível, adaptável, de fácil reforma e manutenção preservando as edificações existentes, evitando todo o processo de descarte e produção de novas edificações. Uma nova edificação deve ser proposta apenas quando sua construção se mostrar menos impactante que a manutenção daquela existente, decisão embasada por ACV.
Formar e capacitar mão de obra: é fundamental preparar mão de obra, em diferentes níveis de ação (construtores, arquitetos, engenheiros, vendedores, agentes públicos etc.) para o projeto para a permanência, tanto para o apropriado desempenho de atividades técnicas como sua conscientização a favor de ações menos carbono-intensivas.

Fonte: Autora, 2022.

Aqui é importante reforçar que a discussão sobre a permanência visa a permanência da edificação, não necessariamente das suas partes, as quais devem e podem ser trocadas sem que haja prejuízo da estrutura principal. Isso implica em uma edificação mutável que pode e deve ser adequada a diferentes usos e necessidades. É sabido, no entanto, que existem restrições de ordem estrutural na reforma e adequação de edificações. Fundações e superestruturas são dimensionadas prevendo cargas específicas e não seria coerente superdimensioná-las, aumentando o consumo de materiais e de energia, para ampliar suas possibilidades de adequações a usos múltiplos. Dispor de componentes e sistemas construtivos leves, desmontáveis e manipuláveis pode ser uma solução e está associada às ideias abraçadas pela discussão de projeto para a permanência.

Outro ponto a ser considerado diz respeito ao modo de adaptar edificações a novos usos. É necessário ponderar e avaliar o volume de materiais, ainda que leves. Seria contraditório, considerando que TCBC propõe o uso consciente e reduzido dos materiais, propor soluções que aumentam o seu consumo, principalmente aquelas que visam mudar a aparência das edificações escondendo as suas diferentes partes, ou usar um conjunto de materiais que cumpre os mesmos requisitos de soluções mais simples, de menor volume.

Além disso, preservar a edificação conserva, em conjunto, toda a rede de infraestrutura urbana construída e consolidada. É claro que esta condição tem muitas outras implicações que devem ser ponderadas como, por exemplo, a mudança de uso de um espaço já construído afeta a dinâmica da cidade, onera ou não a rede de infraestrutura já construída? Qual a relação entre o plano diretor e os diferentes usos e ocupações determinados para as diferentes zonas da cidade? Ou seja, pensar a edificação para a permanência também implica em respeitar a legislação urbana e as dinâmicas da cidade – mas a alteração destas dinâmicas só será considerada se houver a possibilidade de novas apropriações sobre o bem construído, daí a importância de se projetar para a permanência da edificação.

Não menos importante é ponderar sobre o uso de materiais já utilizados ou reciclados. Nem sempre a reutilização ou reciclagem de um material já empregado é viável, o que deve ser ponderado caso a caso. Muitas vezes ele pode apresentar debilidades que impedem sua nova aplicação / reuso, como tijolos mofados ou madeira infestada com insetos, ou elementos que perderem sua capacidade de resistência. Seu uso / reuso também pode se tornar inviável devido ao esforço a ser empenhado em sua recuperação e reciclagem, seja em termos de trabalho ou dispêndio de energia; ou o produto resultado de reciclagem pode ser de baixa qualidade, impedindo seu uso mais eficiente. Aqui não se defende o reuso / reciclagem desvinculado do processo de produção ou da necessária qualidade do produto a ser empregado na construção ou reforma de edificações. Defende-se a possibilidade de potencializar e utilizar ao máximo todos os recursos já extraídos da natureza, valorizando o esforço já empenhado.

Dando sequência ao trabalho, no quadro 25 são apresentados os aspectos de ordem prática a serem considerados para o desenvolvimento de uma TCBC, quando se discute a categoria “projeto para a permanência”.

Quadro 25 - Aspectos a serem considerados para a proposta de uma TCBC na categoria “projeto para a permanência”.

Materiais	**Não possuir toxicidade em sua composição:** Materiais produzidos com elementos tóxicos demandam procedimentos especiais de descarte para não gerar poluição do solo / água / ar. A toxicidade também pode dificultar reuso e reutilização do material.
	Ser reciclado / reutilizado: O uso de material usado / reciclado pressupõe o aumento da vida útil deste recurso e a não extração de novo recurso.
	Ser leve, principalmente as partes possíveis de serem alteradas / trocadas, de modo a preservar e a não onerar a estrutura principal: ou seja, é necessário considerar o cálculo integral dos elementos de uma edificação.
	Ser de composição simples: Materiais de composição simples são mais facilmente reaproveitados e reciclados. Materiais compostos, em geral, apresentam dificuldade para a separação de seus diferentes materiais podendo inviabilizar o seu reuso ou reciclagem.
Elemento construtivo	**Ser de composição simples:** Elementos de composição simples tendem a ser mais facilmente reaproveitados para outras funções; são de mais fácil reciclagem; tendem a empenhar menos energia em seu processo de produção.

	Ser padronizado: Elementos padronizados e modulares podem ser reutilizados, sem grandes transformações, em diferentes projetos.
	Ser substituível: Elementos substituíveis pressupõem pensar o projeto para a fácil reforma e manutenção, o que aumenta a gama de materiais possíveis de serem utilizados.
	Possuir ligação mecânica entre as partes: Ligação mecânica (parafusos, encaixes) entre os diferentes elementos e subsistemas construtivos permite sua desmontagem mais facilitada, com menor risco de danos às peças.
Projeto	**Organizar os diferentes sistemas e subsistemas construtivos:** Sistemas e subsistemas independentes facilitam a reforma / manutenção da edificação, aumentando a sua permanência.
	Prever ampliação: Projetos pensados com possibilidade de ampliação tendem a ser mais duráveis - atendem a uma gama maior de possibilidades de ocupação ao longo da vida útil da edificação.
	Prever espaços flexíveis / adaptáveis: Projetos pensados com a possibilidade de flexibilidade / adaptação espacial tendem a ser mais duráveis - atendem a uma gama maior de possibilidades de ocupação ao longo da vida útil da edificação.
	Projetar conexões visíveis e acessíveis aos trabalhadores: O acesso às conexões facilita os procedimentos de montagem e desmontagem dos componentes e sistemas construtivos.
	Promover o uso adequado dos diferentes materiais construtivos através de detalhamento e especificações construtivas: Cada material demanda um cuidado específico para a sua maior durabilidade e desempenho.
Canteiro de obras (mão de obra e ferramentas)	**Promover a capacitação, com transferência de conhecimento, do trabalhador:** Pessoas capacitadas possuem autonomia para a realização de processos de reforma / manutenção / desmontagem de edificações e de suas partes.
	Respeitar as especificações de projeto: de forma a garantir a qualidade da construção, seu desempenho e durabilidade.
	Optar por ferramentas manipuláveis em ambientes pequenos: Ferramentas manipuláveis em pequenos ambientes são importantes para o processo de montagem e desmontagem de edificações e suas partes.
	Optar por ferramentas acessíveis e de custo reduzido: O acesso às ferramentas é fundamental para a independência do trabalhador.

Fonte: Autora, 2022.

Categoria 02: Trabalho intensivo

Há dois métodos principais empregados para a produção de bens: o método trabalho intensivo e o método capital intensivo. Na sociedade capitalista, a “tendência natural” é substituir processos intensivos em trabalho por aqueles que são intensivos em capital, entendendo aqui capital como capital fixo, ou

seja, linhas de produção, maquinários, ferramentas especializadas[163] etc. Em geral, o método capital intensivo se viabiliza mediante produção em escala, repetição de processos e produtos, exige altos investimentos iniciais e favorece processos em que o conhecimento e o lucro pertencem a poucos, como já discutido. A produção industrial, principalmente a moderna, tende a se organizar a partir das exigências deste método de produção, caracterizado, ainda, pela alta demanda por energia, tanto para o transporte quanto para as comunicações, bem como para a construção de toda a rede de infraestrutura (transporte, comunicação) e demais itens que lhes dão apoio e viabilizam uma produção concentrada / centralizada, como já apresentado e discutido diversas vezes nesta tese.

Atividades produtivas baseadas em trabalho intensivo, por sua vez, empregam mais trabalhadores do que máquinas e equipamentos que os substituem. Apesar da menor demanda em recursos iniciais e em maquinários, requerem maiores investimentos na formação do trabalhador (recursos financeiros e temporais). A construção civil, especialmente as atividades de canteiro de obras, é considerada trabalho intensiva.

Há, como discutimos, recorrente esforço em alterar o patamar da construção civil de atividade trabalho intensiva para capital intensiva, não necessariamente industrializada, sendo os argumentos a favor variáveis: necessidade de aumento e de aceleração da produção para suprir a demanda por habitação, principalmente a habitação social; dificuldade de gestão de pessoas, principalmente do trabalhador formal[164]; grande variabilidade no rendimento do trabalhador, influenciado por fatores físicos e emocionais; e variabilidade no resultado plástico / estético do trabalho executado, sujeito a imperfeições e falhas. No mais das vezes, o trabalho humano é entendido como um empecilho ao rendimento ou um obstáculo ao aumento da lucratividade.

Dentre todos, o argumento mais empregado como justificativa para o crescente esforço na reorganização do processo produtivo do setor é a "ausência de mão de obra qualificada" – quando, é sabido, trata-se de uma atividade que necessita de constante formação de mão de obra por seu próprio caráter. Para superar esta condição, são estabelecidas rígidas formas de controle sobre o trabalho, possível por meio da introdução de novos materiais ou sistemas construtivos altamente detalhados, ou através de métodos de monitoramento do trabalho – a Tecnologia de Gestão, como explicado por Shimbo (2010) e Baravelli (2015)[165] e discutido no capítulo 01.

---

[163] Vale reforçar, de acordo com Marx (2013), que o trabalho humano só é substituído por máquinas quando ele custa mais que as máquinas que substituem o seu trabalho, ou seja, apesar da sua eficiência, a máquina só substitui a força humana onde o valor do trabalho humano é alto.

[164] Para quem faz acompanhamento de obras é bastante comum ouvir o argumento de que "quanto mais trabalhadores empregados, maiores são as chances de as empresas enfrentarem processos na justiça do trabalho".

[165] Sem contar, é claro, a terceirização da mão de obra.

Contudo, não se trata de qualquer mão de obra, de qualquer trabalhador, mas daquele com maior qualificação, portanto, maior domínio sobre aquilo que produz – ciente do seu "saber" e do seu "saber-fazer", tomando aqui as palavras de Sérgio Ferro (2018). Assim como em qualquer setor da economia, quanto maior a qualificação do trabalhador maior seu poder de barganha, de exigência por salário ou remuneração, o que incide no valor final do produto e nas taxas de lucro das empresas construtoras, particularmente.

Existe, de fato, uma disputa pelo conjunto de conhecimentos empenhados para a produção de qualquer objeto, cujo domínio confere poder ao detentor. Neste sentido, Sérgio Ferro (2018) trabalha com a ideia de luta de classes, sendo a destruição de "ofícios monopolizáveis" uma de suas estratégias[166]. Neste sentido, novos materiais e sistemas construtivos são desenvolvidos com o objetivo de descartar trabalhadores especializados em um ofício, substituindo-os por trabalho simplificado em processos altamente prescritos – com o argumento de que não existe mão de obra qualificada para o ofício, ou embasado na necessidade de reduzir o custo de produção pela substituição do ofício exercido pelo trabalhador melhor qualificado.

Mudando a base do ofício, o material e as ferramentas, é possível promover a subordinação formal do trabalhador aumentando a extração de mais-valor de seu trabalho. E, ao trocar um trabalhador de grande "saber e saber-fazer" por outro desempenhando atividades simples, meramente coordenadas, também se altera quem detém o conhecimento sobre a totalidade do processo produtivo, separando o saber do saber-fazer. Ou seja, potencializando ainda mais a divisão entre teoria e prática, apartando o trabalho prático do entendimento do todo, ou o desenho do canteiro, nas palavras de Ferro (2018). Destituído do saber, o operário passa a vender sua força de trabalho para "fazer" algo que lhe é alheio, tornando-se mais uma das ferramentas entre tantas outras (FERRO, 2018).

Buscando fugir desta lógica, complementada pela centralização da produção e dos meios e pela fragmentação e simplificação do trabalho, TCBC pretende se apoiar em processos produtivos que apliquem trabalho intensivo, o que não é sinônimo de trabalho degradante (carga excessiva, jornadas prolongadas, ausência de ferramentas que diminuam os esforços, falta de segurança e de políticas trabalhistas etc.), nem de trabalho alienado.

Neste sentido, quando é discutido **trabalho intensivo** para a proposição de TCBCs, almeja-se (Quadro

---

[166] Sérgio Ferro, importante arquiteto, professor historiador, embasa seus argumentos na análise histórica da introdução do concreto armado na França do início do século XX em seu texto "*Concrete as weapon*", de 2018. Neste momento, o material foi utilizado como importante ferramenta para a desarticulação de operários da construção revoltosos, sindicalizados e críticos ao sistema capitalista, os quais, por meio de greve, tinham força para fazer valer seu posicionamento e suas reivindicações. Como eram operários munidos de "ofício monopolizável", não podiam ser facilmente substituíveis, ou seja, o ofício lhes oferecia resistência. Assim, alterando a base de seu ofício foi possível substituí-los, retirando seu poder e desarticulando qualquer resistência.

26):

Quadro 26 – Objetivos da categoria "trabalho intensivo".

Desenvolver processos produtivos e componentes / elementos / sistemas construtivos desalienantes: não se trata de simplificar e dividir o seu trabalho até a perda da compreensão daquilo que faz, destituindo sua atribuição de sentido, mas munir o trabalhador de ferramentas e conhecimentos que facilitem o esforço do seu trabalho, diminuam a sua carga, valorizem e potencializem o seu saber e saber-fazer.
Promover a formação do trabalhador a partir de aprendizado de instrução integral: ensino universal**,** não apenas voltado a um único ofício, a fim de lhe garantir autonomia e espaço para a criatividade. Para tanto, também é fundamental que haja a superação da segmentação entre aprendizado teórico e prático.
Estimular formas de organização de trabalhadores alternativos aos modelos correntes de negócio: empresas pequenas / cooperativas de trabalho pulverizadas distribuídas pelo território, mais alinhadas às necessidades e às potencialidades locais. Trata-se de se contrapor aos modelos que centralizam / concentram poder de decisão, capital e lucros, que atuam na lógica da grande produção restringindo soluções e que demandam rede de infraestrutura mais complexa, principalmente para a distribuição da produção – defende-se operações descentralizadas e menores.

Fonte: Autora, 2022.

Trabalho intensivo tem relação com princípios de design para a desmontagem / desconstrução / projeto para a permanência, como apontado na revisão bibliográfica do capítulo 03. Isso porque atividades de reforma e desconstrução exigem mão de obra qualificada, soluções particulares para cada problema, ações pontuais e distantes da lógica da rapidez e da repetitividade.

Optar pelo trabalho intensivo no desenho de uma tecnologia também implica em desenhar novos processos produtivos e construtivos sem deixar de lado a ideia de racionalidade no uso dos diferentes recursos (materiais, energéticos, humanos), como discutiremos na categoria racionalidade produtiva. Mas é fundamental colocar em destaque o trabalhador.

Diversos autores, dentre eles Schumacher (1981) e Terner (1972), discutiram o desenvolvimento de tecnologias, sejam elas construtivas ou não, em países não industrializados. Em geral, partiram da ideia de trabalho simples para a incorporação de mão de obra de baixa qualificação para o ofício da construção. Entre outros aspectos destacaram como escolhas necessárias para o desenvolvimento de novas tecnologias nestes contextos: 1) empregar mais pessoas; 2) reduzir a escala dos núcleos de produção, ampliar e pulverizar as unidades; 3) simplificar as ferramentas utilizadas, de modo a torná-las mais acessíveis; 4) produzir utilizando recursos locais para a solução de problemas locais. Sachs (1986) também se aproxima deste diálogo ao propor a tecnologia apropriada.

É importante colocar esta discussão em projeção. A pretensão, ao abordá-la, não seria manter o patamar tecnológico simplificado e, por consequência, a baixa qualificação do trabalhador, algo próximo ao que a grande indústria promove (simplificação do trabalho para sua realização sem necessidade de grandes aprendizados). É esperado que, com a qualificação propiciada pelo trabalho prático haja uma evolução endógena da tecnologia, agora baseada nas características relacionadas às ferramentas, aos materiais

e aos trabalhadores inseridos em uma determinada região, em um determinado local – neste sentido, a tecnologia não seria estática, nem acabada. Tanto mais facilitado seria este processo se houvesse a possibilidade de formação teórica dos diferentes trabalhadores envolvidos na cadeia de produção da edificação, de questões de ordem prática voltadas às particularidades do ofício, quanto aquelas de ordem universal – como a sustentabilidade, o aquecimento global etc.

De maneira mais propositiva / diretamente aplicável, projetos trabalho intensivos de componentes / sistemas construtivos TCBCs devem considerar os aspectos apresentados no Quadro 27:

Quadro 27 **-** Aspectos a serem considerados para o desenvolvimento de uma TCBC na categoria "trabalho intensivo".

Dimensão e peso de elementos / componentes e sistemas construtivos: deve ser compatível com a escala humana tanto de carga quanto para a manobra em ambientes fechados e pequenos, a fim de reduzir os esforços e facilitar o trabalho. Também tem relação direta com as exigências de reforma e manutenção.
Simplicidade técnica / construtibilidade: de ferramentas e maquinários, de execução, reparo e reforma, de fácil aprendizado, apropriáveis a diferentes níveis de habilidade e de formação.
Ferramentas simples, acessíveis, de fácil manejo e aprendizado: isso possibilita que mais trabalhadores tenham acesso garantido ao meio de produção, podendo fomentar a organização de novas empresas / cooperativas, inclusive com baixo investimento em capital inicial.
Unidades de produção simples: não exigem grandes redes de infraestrutura, máquinas ou galpões para a estocagem, reduzindo investimentos. Uma solução recorrentemente discutida no grupo Habis são as unidades móveis de pré-fabricação de componentes e sistemas, as quais podem ser instaladas provisoriamente em diferentes canteiros de obra.
Aprendizado na prática / relação mais horizontal entre os diferentes trabalhadores da construção civil: saberes transmitidos entre trabalhadores e práticas mais horizontais de formação (conhecimento compartilhado).
Substituir ferramentas de controle por formação e instrução do trabalhador: tanto para questões como desperdício, bom uso dos materiais, impactos ambientais, como aquelas relacionadas às boas práticas da construção.

Fonte: Autora, 2022.

Categoria 3: Uso da terra

De acordo com o IPCC (2019), uso da terra (*Land Use - LU*) é o total de arranjos, atividades e insumos aplicados a uma parcela de terreno. O termo uso da terra também é usado no sentido dos fins sociais e econômicos para os quais a terra é administrada (por exemplo, pastagem, extração de madeira, conservação e moradia na cidade). Nos inventários nacionais de GEE, o uso da terra é classificado de acordo com as categorias de uso da terra do IPCC de terras florestais, plantações, pastagens, pântanos, assentamentos e outras terras.

A Mudança do Uso da Terra (*Land Use Change - LUC*) está relacionada à alteração de uma categoria de uso da terra para outra (IPCC, 2019), por exemplo, de floresta primária para pasto, ou de pasto para cidade. Já o Uso da Terra, Mudança no uso da Terra e Floresta (ou *Land Use, Land Use Change and Forest* - LULUCF) é o setor do inventário do IPCC onde se contabilizam as emissões e as remoções de

GEE relacionados à categoria.

No Brasil, a maior porcentagem de emissões está relacionada à categoria LULUCF – 46% do total global de emissões, de acordo com relatório do SEEG de 2021, com base no levantamento de dados do ano de 2020[167]. Destes 46%, 93% são provenientes da alteração do uso da terra (78,4% relacionado ao desmatamento do bioma amazônico[168] e 14,6% para demais usos da terra) e 7% provenientes da queima dos resíduos do desmatamento (aqui não é incluída a geração de gases resultantes das queimadas, pois não há consenso científico para esta métrica) (POTENZA *et al*., 2021).

As atividades da construção civil interferem no uso e na mudança do uso da terra, assim como no desflorestamento. Diretamente pela necessidade de ocupação do território para a construção de qualquer obra (como edificações residenciais, institucionais, industriais, redes de infraestrutura urbana, a cidade em si), pela movimentação de terra para adequação do relevo, para a deposição dos mais diferentes tipos de resíduos sólidos e efluentes, para a localização de atividades produtivas e de recreação, e pela exploração da madeira e dos diferentes recursos ambientais em atividades de mineração, geração de energia, abastecimento de água etc.

A alteração do uso da terra, para além das emissões de gases, também segue associada a outros impactos, como alteração da fauna e flora locais, muitas vezes com supressão e extinção de espécies; modificação do relevo, provocando mudança no percurso das águas pluviais, cujos efeitos mais negativos são as enchentes, erosão do solo e assoreamento de rios; alteração do ciclo de chuvas, prejudicando as mais diversas atividades produtivas, citando apenas alguns exemplos. Sendo a terra, e tudo o que nela existe, parte fundamental de um complexo sistema climático, sua modificação está associada à alteração do clima.

Visando reduzir os impactos relacionados ao setor da construção civil em relação ao uso da terra, TCBC se apoia em diretrizes para a minimização dos danos ambientais e na capacidade de estimular ações para fomentar outra relação com a terra. Sendo assim, o desenvolvimento de TCBC deve (Quadro 28):

Quadro 28 - Objetivos da categoria "uso da terra".

Promover o uso de materiais e recursos de forma a desonerar a pressão sobre a terra – biodegradáveis, reutilizáveis, recicláveis, para dispensar locais para a deposição de Resíduo da Construção e Demolição (RCD); recicláveis e reutilizáveis a fim de evitar nova exploração do meio ambiente para extração de materiais e energia (abertura de novas jazidas para extração dos diversos minérios, locais para a deposição dos resíduos da extração, produção de mais energia etc).
Promover o uso de materiais e recursos de fontes renováveis: colabora para a preservação de recursos

[167] Em seguida, ainda de acordo com o relatório SEEG de 2021, vem o setor da agropecuária (27%), energia (18%), processos industriais (5%) e resíduos (4%). Trata-se das porcentagens relacionadas às emissões brutas, sem descontar possíveis remoções de carbono (POTENZA *et al*., 2021).

[168] Por este motivo, como vimos no capítulo 04, as principais ações da PNMC consideram a redução do desmatamento como fundantes, sendo o principal problema a ser enfrentado pelo Brasil.

escassos ou não-renováveis; reduz a necessidade de uso de materiais carbono-intensivos e energo-intensivos.
Respeitar as características do ambiente local para a implantação das edificações: a fim de evitar movimentação de terra, alteração drástica no relevo e dos cursos de águas, etc.

Fonte: Autora, 2022.

É importante dizer que materiais e recursos de fontes renováveis possuem potencial de redução de impactos desde que seu uso esteja associado a um processo produtivo também desenhado para ser de menor impacto. Por exemplo, a exploração e o uso da madeira devem estar associados a um programa de reposição e manejo das florestas, às técnicas de seleção e corte de espécies e indivíduos (cada árvore) prontos para a colheita, ao aproveitamento de todas as partes da árvore, aos tipos de transformações e adequações necessários para o seu emprego na construção (tipo de preservativo, quantidade de energia utilizada), e à disponibilidade de reservas florestais em escala regional, sem demanda por transporte de longa distância – como explicado por Punhagui (2014) e discutido no subcapítulo 4.3.1. Isso sem considerar possibilidades de reuso e reciclagem dos componentes de madeira, ou o seu emprego em diferentes ciclos técnicos de uso.

A utilização de materiais biodegradáveis e renováveis também pode ser uma oportunidade para a produção de materiais construtivos associada à recuperação de áreas degradadas, assim como de geração de trabalho e renda em atividades associadas. Por sua vez, alguns materiais absorvem CO_2 para o seu crescimento e desenvolvimento. Se manejados e utilizados de maneira direcionada, atuam a favor da redução de gases na atmosfera. Como vimos no texto, são exemplos a madeira e as fibras naturais (subcapítulo 4.3.1).

Mas, aqui, é importante ponderar sobre as formas de apropriação de alguns dos pressupostos: o que impede que a produção de materiais de fontes renováveis não seja realizada por meio de grandes monoculturas, passando a concorrer, até mesmo, com a produção de alimentos?

TCBC não é resultado da categoria “uso da terra” isoladamente. Quando associada às categorias “local” e “trabalho intensivo” estabelecemos a forma como se dá esta apropriação da terra. Não se trata de centralizar a produção de materiais naturais, mas espalhar, deixá-los próximo ao local de uso pulverizando reservas, conhecimentos e oportunidades de negócios (etapas de plantio, colheita, construção), diminuindo distâncias necessárias para o transporte e potencializando a diversidade de respostas para a construção – afinal, materiais renováveis são plantas, e plantas são influenciadas pelo clima. Neste sentido, a grande diversidade de clima e biomas brasileiros são uma vantagem a favor das possibilidades de soluções.

Além disso, em 2009, durante a COP15, o Brasil lançou o Plano Setorial para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (BRASIL, 2012), mais conhecido como Plano

ABC, no qual busca fomentar práticas consorciadas entre atividades agrícolas, pecuárias e florestais. Em 2011, criou uma linha de crédito específica para esta prática chamado Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura, instituída pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Entre as estratégias de uso da terra incentivadas está a integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF).

De acordo com Balbino *et al*. (2011, p. 27), iLPF é uma "[...] estratégia de produção sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica". Trata-se de uma das derivações do sistema agroflorestal, definido por Telles *et al*. (2021, p. 79) como:

> Termo genérico usado para designar sistemas de uso da terra que envolvem a integração de espécies lenhosas (árvores, arbustos, palmáceas etc.), culturas agrícolas e/ou criação de animais, em alguma forma de arranjo espacial ou arranjo temporal. Nesses sistemas de integração, valoriza-se a diversificação econômica, a conservação dos recursos naturais e a interação ecológica entre os componentes, de acordo com as práticas agrícolas locais.

O sistema iLPF e todos aqueles que diversificam as atividades agrícolas possíveis em um território também são defendidos enquanto práticas de adaptação e de mitigação dos efeitos do aquecimento global. Diversificar a produção reduz o risco de quebra de safras inteiras diante da ocorrência de eventos climáticos extremos e inesperados. É uma segurança para o agricultor, que mantém a sua fonte de renda, mas também para a sociedade, que segue abastecida com alimentos e insumos. Apesar disso, desde o lançamento da linha de fomento, pouco recurso tem sido destinado a ela, com investimentos nunca superiores a 3% do total de crédito alocado no setor agropecuário (POTENZA *et al*., 2021).

Ou seja, existem outras respostas ou modos de fazer, inclusive embasados cientificamente. Falta o entendimento social dos resultados integrais de suas escolhas para além do imediatismo o que, associado à pressão de lobistas e grupos articulados de grandes produtores agro rurais, preservam o atual *status quo*[169]. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, segue realizando importantes pesquisas associando novas formas de produção e de ocupação da terra, atestando a necessidade e a viabilidade de ultrapassar os modos extensivos e monoculturais de produção (entre alguns trabalhos, os já citados neste texto: Balbino *et al*. (2011), Potenza *et al*. (2021) e Telles *et al*. (2021)). Diversificar os modos de produzir, assim como as espécies e as culturas agrícolas, exige uma série de cuidados e procedimentos que muitas vezes devem ser resgatados ou reintroduzidos em conjunto com a população camponesa. Em geral,

[169] Vale relembrar aqui as palavras de Chico de Oliveira (1976, p. 92), já citadas neste texto: "[...] a tecnologia somente põe em operação o conhecimento científico quando este é econômico, quer dizer, quando este torna possível manter e reproduzir a relação social básica de exploração e dominação. Nas gavetas e arquivos científicos dorme, pois, um enorme acervo de conhecimento científico não posto em operação, não transformado em tecnologia e, portanto, desperdiçado".

demandam maior volume de trabalhadores, intensificando o trabalho necessário e o nível de conhecimento envolvido nos cuidados com a produção.

Há ainda uma questão fundamental a ser discutida relacionada à propriedade, à concentração e à renda da terra, a qual não será desenvolvida aqui. Mas, é importante ressaltar que o modo de apropriação do território está relacionado ao seu modo de exploração, e assim, ao que se espera em termos de produção e de produtividade (o que produzir, para qual mercado, de qual maneira, etc.). Alterar o modo como se usa e se apropria da terra deve passar, necessariamente, por estas discussões, e não apenas para as questões relacionadas à produção agrossilvipastoril, mas também à exploração dos demais recursos naturais e a ocupação do território para a formação das cidades.

Por fim, retomando o nosso tema principal, e de modo a direcionar o desenvolvimento de projetos de TCBC, deve-se considerar os aspectos relacionados ao uso da terra listados no Quadro 29:

Quadro 29 - Aspectos a serem considerados para o desenvolvimento de uma TCBC na categoria "uso da terra".

Materiais	Priorizar materiais de fontes renováveis.
	Priorizar o uso de materiais biodegradáveis ou que possam ser reintroduzidos de maneira satisfatória no meio ambiente.
	Priorizar o uso de materiais reutilizáveis ou reciclados.
	Evitar materiais altamente transformados, de difícil separação entre as partes.
Construção	Considerar máximo aproveitamento dos materiais – projetar para que não haja resíduo relacionado ao processo de construção e de demolição.
	Permitir a adaptação da edificação ao relevo, e não o contrário.
	Priorizar componentes e sistemas construtivos modulares, passíveis de serem alocados em outras edificações, ou facilmente substituíveis em caso de avaria ou durabilidade menor que a da construção global.

Fonte: Autora, 2022.

Categoria 4: Energia

Como vimos ao longo da tese, a discussão sobre a energia é central quando o tema é a sustentabilidade e o baixo carbono. Isso porque nossa matriz energética preponderantemente fóssil foi e é determinante para o aquecimento global e as mudanças climáticas subsequentes. Reduzir energia incorporada aos materiais e aos processos construtivos, reduzir a energia operacional das edificações e priorizar o uso de fontes renováveis de energia de modo a evitar os gases associados aos processos produtivos, processos de funcionamento da edificação, e aqueles decorrentes da própria produção de energia são as principais ações discutidas. No entanto, mais do que reduzir / racionalizar / otimizar o uso de energia (ainda que esta ação seja fundamental) convém evitar o seu uso, como discutido no capítulo 4.

Assim, quando é discutida a **energia** para a proposição de TCBCs, temos por objetivos (Quadro 30):

Quadro 30 - Objetivos da categoria "energia".

Evitar o uso de energia: não consumir a energia em sua origem. Isso é possível reduzindo a quantidade de materiais necessários, eliminando etapas construtivas desnecessárias; garantindo o correto conforto ambiental das edificações mediante o bom projeto de tecnologias construtivas; utilizando materiais locais reduzindo a necessidade de transportes; utilizando materiais reciclados e já utilizados; priorizando o uso de materiais de baixo processamento; evitando o uso de materiais energo-intensivos;
Racionalizar o uso da energia: priorizar equipamentos, maquinários de alta eficiência energética para as etapas de construção e uso da edificação e de suas diferentes partes, e durante a produção dos materiais; otimizar o uso de energia nos diferentes processos produtivos e construtivos relacionados à tecnologia;
Optar por fontes de energia de origem renovável: para as diferentes etapas de produção das tecnologias construtivas.

Fonte: Autora, 2022.

Este trabalho não dispensa ferramentas importantes de verificação, como ACV, para o cálculo de energia e as suas emissões associadas para o auxílio à tomada de decisões, ainda que assuma a postura da prevenção – a energia menos impactante é aquela não utilizada.

O Quadro 31 lista um conjunto de ações que colaboram diretamente com os objetivos da categoria "energia" possíveis de serem mobilizadas para o projeto de TCBC:

Quadro 31 - Aspectos a serem considerados para o desenvolvimento de uma TCBC na categoria "energia".

Priorizar o uso de materiais de baixo processamento / pouco transformados: quanto mais processado, maior o consumo de energia na produção do material. Materiais naturais são preferíveis aos mais processados o que, ademais, pode reduzir a geração de outros tipos de resíduos e poluentes.
Reduzir o uso de materiais energo-intensivo: alguns materiais necessitam de grande quantidade de energia para a sua transformação de elemento natural em elemento construtivo, sendo os mais intensivos o cimento e o aço. É necessário reduzir o consumo destes materiais.
Priorizar o uso de materiais de origem local, ou disponível regionalmente: a fim de reduzir as distâncias entre jazidas - indústrias – revendedores - canteiros para evitar a necessidade de transportes extensivos, e assim, as emissões de gases associadas.
Reduzir / eliminar a distância entre o local de produção de materiais, componentes e sistemas e o de sua aplicação (canteiro de obras): reduzir emissões relacionadas ao transporte.
Projetar e produzir componentes e sistemas construtivos preocupados com o conforto térmico da edificação: considerar as características físicas do conjunto dos materiais (resistência térmica, atraso térmico, transmitância térmica etc. – referentes às propriedades inerentes de cada material em conjunto com especificações de tamanhos e espessuras) e das interfaces entre diferentes elementos e sistemas, de modo a evitar pontes térmicas.
Otimizar a relação entre conforto e quantidade de materiais empregados: garantir conforto térmico utilizando menos materiais, de modo a reduzir o peso global da edificação.
Priorizar o uso de **fontes renováveis de energia** durante o processo produtivo de componentes e sistemas construtivos.
Priorizar o **uso de máquinas e equipamentos de alta eficiência energética** durante o processo produtivo de componentes e sistemas construtivos: reduzir o consumo de energia.

Fonte: Autora, 2021.

Categoria 5: Local

Há vasta literatura afirmando que o desenvolvimento de uma tecnologia deve ser algo endógeno a um

local (GAMA, 1987; KATINSKY, 1989; SACHS, I., 1986; SANTOS, 2003; VIANNA, 1989), e que não considerar as condições e os recursos disponíveis acaba por causar retrocessos ao invés de avanços (SABBATINI, 1989). Pode-se citar como exemplo obras como a de Farah (1996), que analisou a introdução de inovações na produção do Banco Nacional de Habitação (BNH) sem a devida capacitação e preparação da mão de obra, ou o trabalho de Terner (1972), que exemplificou os fracassos da implantação de uma empresa estrangeira em um país da América Latina onde não havia as condições de produção necessárias.

No entanto, em um mundo altamente conectado e globalizado, discutir o "local" parece ser algo, no mínimo, anacrônico. Para quem é morador padrão de cidade padrão, é quase impossível reconhecer traços ou manifestações diferentes daquelas instituídas pelas relações de produção, distribuição e consumo de bens e serviços. Através de um simples *clic* adquirimos produtos do mundo todo, entregues em tempos cada vez menores. O mesmo vale para a oferta de serviços. Pouco se percebem as particularidades do relevo ou do clima locais. São consumidos os mesmos alimentos nas diferentes estações do ano. São utilizadas as mesmas soluções construtivas para as diferentes zonas bioclimáticas do país. Pouco importa a distância percorrida por um produto desde que seu preço seja compatível à capacidade de pagamento do consumidor.

Há, de fato, um apelo constante à universalização de tudo, e isso vai da aparência física individual, tipo de alimento a ser plantado[170] e consumido, formas de morar e de vivenciar os espaços construídos, privados ou coletivos, produtos e serviços a serem comprados, consumidos e descartados, etc., independentemente de qualquer particularidade individual, social, territorial ou climática. Trata-se da homogeneização de todos os aspectos da vida a favor da monocultura global, como nos explica Wolfang Sachs (1996), artifício fundamental para manutenção do sistema capitalista, como discutido ao longo dos capítulos 01 e 02. São questões que implicam diretamente sobre o desenho da tecnologia, quando não definem seu próprio desenho, como discutido no capítulo 01. Como, então, recuperar ou valorizar recursos, práticas, particularidades ou identidades locais?

[170] Sobre isso, é interessante ver a reportagem "Os superalimentos desprezados que poderiam ajudar a reduzir a fome no Brasil" produzido pela BBC Brasil, de 10 de janeiro de 2022, disponível no link https://www.youtube.com/watch?v=4bcAMI2IFIs. Nele, o apresentador discute a imperialismo alimentar mostrando como os interesses de mercado afetam a oferta de alimentos e as formas de cultivo. Para se ter uma ideia, e com base nos dados levantados pelo biólogo Valdely Kinupp em sua tese de doutoramento, 90% dos alimentos consumidos pela humanidade procedem de 20 plantas (KINUPP, 2007). O número é alarmante visto existirem cerca de 30 mil espécies vegetais com partes comestíveis catalogadas. Ainda de acordo com o biólogo, 15% a 20% das plantas comestíveis são brasileiras, mas os brasileiros compartilham do mesmo cardápio do restante do mundo. Para além das perdas relacionadas a uma boa nutrição há a perda de oportunidades, inclusive, de ordem econômica, e o desprezo pela rica biodiversidade mundial – aspecto já discutido no capítulo 01 desta tese por Laymert Garcia dos Santos.

Um autor que se debruça sobre estas questões, incluindo a tentativa de elucidar o fenômeno da perda da referência do lugar para a tomada de decisões e as suas consequências, é Alberto Magnaghi, arquiteto e urbanista italiano, fundador da escola territorialista italiana, professor do Departamento de Arquitetura da Escola de Florença e criador do LaPEI (Laboratório de Desenho Ecológico de Assentamentos). Magnaghi (2011), em seu livro *El projecto local: hacia una conciencia del lugar*, descreve o processo de perda da consciência do lugar como resultado das alterações do processo de produção. Neste caso, a consciência do lugar se refere "[...] *a la conciencia de una comunidad sobre cómo el lugar, entendido como patrimonio colectivo, garantiza la reproducción biológica y social de la propia comunidade*[171]" (MAGNAGHI, 2011, p. 281).

De acordo com o autor, com o Estado Moderno e a sociedade industrial, a consciência do lugar foi sendo contraída e substituída por relações sociais de produção (trabalho assalariado e conhecimento técnico centralizado, cada vez mais especializado). O pós-fordismo reforçou ainda mais a descentralização produtiva, dividindo as diferentes partes do mundo em unidades especializadas de produção. As demandas produtivas passaram a ser exigidas pelo mercado, não pela população residente. Neste processo, pouco se considerou as diferentes possibilidades locais, sendo o território utilizado apenas como um suporte técnico para a atividade produtiva, ocupado se dispusesse dos recursos de interesse, como abundância de água, energia, redes conectadas de transportes e comunicações, a um custo reduzido (as condições de produção, de acordo com O'Connor (2000)).

Para Magnaghi (2011), a transferência das funções produtivas para aparatos técnicos produtivos cada vez maiores e mais distantes da vida cotidiana, atualmente gerenciados pelo capital financeiro, transformou usuários em clientes e os bens comuns em mercadorias, destituindo as comunidades do conhecimento sobre seu próprio contexto, contribuindo, por sua vez, para torná-las cada vez mais dependentes de aparatos externos.

Ainda, de acordo com o autor, uma vez perdidos os saberes ambientais sobre o local, também houve o abandono dos cuidados com o local pelos habitantes residentes, e a "[...] *transformación de comunidad consciente de las reglas reproductivas de su ambiente de vida, a individuos masificados, sostenidos por prótesis tecnológicas*[172]" (MAGNAGHI, 2011, p. 281). Em resumo:

> El territorio local ya no es conocido, interpretado ni vivido por los habitantes como generador de los elementos de reproducción de la vida biológica (agua, manantiales, ríos, aire, tierra, alimento, fuego y energía) ni social (relaciones de cercanía, convivenciales, comunitarias, simbólicas...). La disolución de los lugares, su transformación en polvo amorfo, en el marco

[171] Traduzindo literalmente: A consciência do lugar se refere "[...] à consciência de uma comunidade sobre como o lugar, entendido como patrimônio coletivo, garante a reprodução biológica e social da própria comunidade."
[172] Traduzindo livremente: "[...] transformação de comunidade consciente das regras reprodutivas de seu ambiente de vida, em indivíduos massificados, sustentados por próteses tecnológicas."

> general de un proceso de desterritorialización de la vida, produce, en definitiva, una pérdida total de soberanía de los individuos y de las comunidades locales sobre las formas materiales, sociales, culturales y simbólicas de su propia existencia. El ágora y la política se alejan vertiginosamente de la vida cotidiana; actúan en un hiperespacio globalizado y cada vez más inaccessible y fortificado, un más allá en el que ya no son reconocibles las formas de mando sobre el trabajo, las decisiones sobre el consumo, sobre la información y sobre las formas reproductivas de la vida[173] (MAGNAGHI, 2011, p. 282).

Por próteses tecnológicas o autor entende soluções tecnológicas padrões indiferentes às particularidades locais, as quais são inseridas em diferentes contextos, em geral, demandando novas "próteses" para corrigir os problemas gerados pelo seu uso – como discutido por Latouche (2009) no subcapítulo 2.2.2. Um exemplo recorrente é a necessidade de soluções que lidem com resíduos de produção, sólidos ou líquidos, quando eles deveriam constar como parte do processo[174]. Esta introdução de tecnologias promove um apagão de saberes e habilidades antes de âmbito coletivo, substituindo-as por relações mercantis, caracterizadas pela racionalidade técnica. Perde-se, inclusive, a identidade de grupo e os laços coletivos que antes embasavam uma comunidade.

A degradação ambiental, tão combatida por meio de ações de correção e adequação, é entendida enquanto resultado de um processo sistemático de desterritorialização e de destruição das relações sinérgicas entre o ambiente físico, construído e antrópico característicos do modelo de ocupação territorial contemporâneo (MAGNAGHI, 2011). Por isso, quando o autor discute a sustentabilidade, ele contesta sua apropriação como algo a ser adicionado ao desenvolvimento local através de leis ou restrições, e a defende como algo próprio do modo de produção do território, intrínseco às diferentes relações estabelecidas sobre ele.

> Buscar la sostenibilidad centrando la atención en las reglas de ocupación significa introducir, en el proyecto arquitectónico, urbano, territorial y socioeconómico, reglas, requisitos, relaciones y límites que produzcan por sí mismos modelos de ocupación de alta calidad ambiental, sin necesidad de descontaminar, de transferir residuos, de restaurar ecosistemas, de hacer «reservas» naturales (parques) o históricas (centros históricos). En síntesis, sin necesidad de «sostener». La sostenibilidad se resuelve, por tanto, a través de modelos de poblamiento que se autosostengan, sin necesidad de muletas[175] (MAGNAGHI, 2011, p. 94).

---

[173] Traduzindo livremente: "O território local já não é conhecido, interpretado nem vivido pelo habitante como gerador dos elementos de reprodução da vida biológica (água, mananciais, rios, ar, terra, alimento, fogo e energia) nem social (relações de vizinhança, comunitárias, simbólicas, etc.) A dissolução dos lugares, sua transformação em pó amorfo no marco geral de um processo de desterritorialização da vida produz, em definitivo, a perda total de soberania dos indivíduos e das comunidades locais sobre as formas materiais, sociais, culturais e simbólicas de sua própria existência. A ágora e a política se distanciam vertiginosamente da vida cotidiana; atuam em um hiperespaço globalizado cada vez mais inacessível e fortificado, um além no qual as formas de controle sobre o trabalho, decisões sobre consumo, informação e formas reprodutivas de vida não são mais reconhecíveis."

[174] Vale pontuar, como nos coloca Sachs (1986), que a despoluição é, muitas vezes, apenas o deslocamento da poluição.

[175] Traduzindo livremente: "Buscar a sustentabilidade centrando a atenção nas regras de ocupação significa introduzir no projeto arquitetônico, urbano, territorial e socioeconômico regras, requisitos, relações e limites que produzam por si mesmos modelos de ocupação de alta qualidade ambiental, sem a necessidade de descontaminar, de transferir resíduos, de restaurar ecossistemas, de criar 'reservas' naturais (parques) ou históricas (centros históricos). Em síntese, sem necessidade de 'sustentar'. A sustentabilidade se resolve, desta forma, através de modelos de povoamento que se autossustentam, nem necessidade de muletas."

Magnaghi (2011) não se apega a um cenário passado saudosista, idealizado, para onde devemos retornar, nem defende a ideia de natureza intocada. Entende ser fundamental uma relação coevolutiva entre os humanos e a natureza, agora não mais baseada em dominação e exploração, mas em relações de equilíbrio, um neoecossistema onde operam em sinergia os diferentes componentes de um território, o ambiente natural, antrópico e construído, ou a natureza, a cultura e a história, o que seria possível através de um projeto local.

Como, então, operacionalizar a retomada de um projeto local? Para Magnaghi, em primeiro lugar, é necessário construir uma sociedade local pela reconstrução dos vínculos sociais, favorecendo o crescimento e o fortalecimento de uma sociedade heterogênea e articulada para a tomada de decisões sobre o seu território. Implica, por isso, em participação social ativa de todas as pessoas, principalmente aquelas que, historicamente, tiveram suas vozes caladas ou não foram capazes de se manifestar (pequenos produtores e proprietários rurais, mulheres, trabalhadores, grupos étnicos, etc.). Trata-se, por isso, de um projeto de viés político, de reconstrução de articulações e de novos modos de interagir com o, e no espaço comum.

> Y en la posibilidad de acercamiento al valor de uso de aquello que se produce y, por tanto, en la orientación de la producción por parte de tantas moléculas productivas que se asocian en un pacto local, está la clave de la búsqueda de nuevos agregados societarios sobre el territorio que sean capaces de generar localmente nuevos modelos de vida, de consumo y de producción de riqueza, desde la agricultura hasta el terciario avanzado[176] (MAGNAGHI, 2011, p. 287).

Este processo não é trivial e possui implicações diversas, dentre as quais, o questionamento e a superação da lógica capitalista e dos diferentes mecanismos que a sustentam e a retomada dos saberes locais, baseados nas características e nas necessidades locais. É, pois, um projeto com objetivo transformador que se viabiliza a longo prazo e que deve estar em constante construção. Entre as possibilidades de ações a favor do local, o autor propõe valorizar características da biorregião para a produção de conhecimentos e de valor, estabelecer uma relação sinérgica entre a cidade e o território rural, reduzir a escala dos municípios e torná-los multifuncionais e independentes, autogovernados por seus moradores, construir redes solidárias e não hierárquicas como de pequenos artesãos, de cidades históricas – são ações baseadas em decisões a favor das pessoas, onde as necessidades de mercado deixam de ser prioritárias.

Acosta (2016), dentro da discussão do Bem Viver, trabalha o conceito de “autocentramento”, o qual se aproxima muito das discussões colocadas por Magnaghi (2011). Autocentramento é uma estratégia para

[176] Traduzindo livremente: “E na possibilidade de aproximar o valor de uso do que se produz e, portanto, na orientação da produção por tantas moléculas produtivas que se associam em um pacto local, está a chave para a busca de novos agregados empresariais. são capazes de gerar localmente novos modelos de vida, consumo e produção de riqueza, desde a agricultura até o terciário avançado”.

se construir uma alternativa política e econômica que permita fugir da lógica do mercado mundial. Como alternativa, ela seria construída de dentro para fora, gradualmente, visando descentralizar o controle de decisões de uma entidade abstrata a favor de grupos organizados, delimitados por suas regiões. Descentralizar permitiria a retomada do protagonismo dos agentes locais e o controle sobre as decisões pertinentes ao grupo e ao território. Nas palavras do autor:

> O fundamento básico da via autocentrada é o desenvolvimento das forças produtivas endógenas, incluindo capacidades humanas e recursos produtivos locais, e os correspondentes controle da acumulação e centramento dos padrões de consumo. Tudo deve ser acompanhado de um processo político de participação plena, de tal maneira que se construam contrapoderes com crescentes níveis de influência no âmbito local (ACOSTA, 2016, p. 168).

A questão ambiental aparece como ponto central nesta proposição, mais uma vez, não como um adendo. A proposta é que os seres humanos possam viver em harmonia consigo mesmos e com a Natureza através de relações de produção autônomas, renováveis, cooperativas, amparadas na suficiência e na pequena escala – ou seja, descentralizando as decisões e centralizando os modos de produção a partir do que há no local, somando a criatividade e a imaginação do povo com as exigências dos diferentes territórios.

Ignacy Sachs é outro pesquisador que se debruça sobre o local ao tratar da discussão do desenvolvimento, em especial para países de terceiro mundo. Como discutido no subcapítulo 2.2.1, valorizar os recursos abundantes em uma região, sejam ambientais, condições técnicas ou habilidades humanas é um importante ponto de partida para a autonomia de uma população, cidade ou região, uma forma de estar livre para determinar formas próprias de atender as suas necessidades materiais e imateriais – trata-se da ideia de desenvolvimento endógeno, contrário ao desenvolvimento mimético.

De acordo com o autor, técnicas e tecnologias, como ferramentas que são para o suprimento das necessidades de uma população, precisam ser desenvolvidas partindo de um contexto social, econômico, ecológico e cultural delimitado, preciso e datado – são as técnicas e as tecnologias apropriadas, formuladas e desenvolvidas de acordo com os objetivos a que a sociedade se propõe (SACHS, I., 1986). Como são contextuais, a elas não é dada uma definição universal pois devem "[...] resultar de uma reflexão normativa de identificação das dimensões da tecnologia que incidem sobre os valores do estilo de desenvolvimento, e de formulação de preferências sociais a cada uma destas dimensões" (SACHS, I., 1986, p. 85).

No entanto, é esperado que partam da valorização dos recursos[177] locais abundantes e renováveis. Pensar em recursos renováveis abre o leque de possibilidades diante da variabilidade de ecossistemas.

[177] De acordo com Sachs (1986, p. 87) recurso é "[...] tudo aquilo que sabemos utilizar como tal a um nível dado de técnica e em relação a um objetivo de produção julgado útil". Ele tem um caráter cultural, por isso é histórico e mutante.

Já recursos abundantes, ambientais ou mão-de-obra, além de resíduos, são colocados enquanto nicho de oportunidade para o desenvolvimento de pesquisas. Neste sentido, a definição de técnicas apropriadas e de prioridade de pesquisa partem de um processo que consiste,

> [...] por um lado, na avaliação das necessidades sociais em termos de conteúdo e de meios alternativos para a sua realização, disponíveis ou desejados, para se chegar assim à identificação dos recursos necessários; e, por outro lado, na avaliação dos recursos em termos de potencialidade e de meios tecnológicos para a sua utilização racional, o que permite identificar as necessidades sociais suscetíveis de serem satisfeitas graças à valorização do patrimônio dos recursos (SACHS, I., 1986, p. 87).

Assim como Magnaghi (2011), Sachs (1986) coloca a participação social como fundamental para a tomada de decisões relativas ao planejamento do desenvolvimento de um grupo de pessoas, comunidade, cidade, etc., assim como para o desenvolvimento de tecnologias. A identificação das reais necessidades locais, os limites das soluções possíveis, a construção e o fortalecimento dos saberes, os potenciais usos alternativos de diferentes recursos podem ser mais bem avaliados por aqueles que convivem com um problema ou demandam uma solução.

Para Sachs (1986), o envolvimento de diferentes cidadãos nas atividades e nas decisões, além do mais, propicia a liberação de uma fonte latente de iniciativa e de criatividade contribuindo para a ampliação das alternativas, conferindo a autonomia e o aumento da autoestima do grupo. A atuação em grupo permite a construção, o compartilhamento e a troca de conhecimentos, ainda mais enriquecida caso se estabeleça uma relação não hierárquica entre os diferentes saberes, entre agentes técnicos, internos ou externos, e a população local. Dependem, no entanto, de uma condição institucional adequada, em geral necessária de ser construída, propícia à participação.

No campo da arquitetura e da construção, um exemplo interessante é a pesquisa desenvolvida por Guillaud *et al*. (2014), resumida no caderno "*VerSus: lessons from vernacular heritage to sustainable architecture*". Neste trabalho é realizado o levantamento de importantes patrimônios vernaculares e o mapeamento dos princípios e estratégias fundantes destes contributos, aqueles que os tornam mais sustentáveis, eco-responsáveis e bem inseridos no local (em relações ambiental, sociocultural e socioeconômica, chamadas pelo autor de âmbitos da sustentabilidade). Trata-se de uma pesquisa de abordagem conceitual, mas também operativa, já que resulta em conhecimentos operacionais passíveis de serem aplicados no desenvolvimento de projetos de arquitetura contemporânea – princípios, técnicas e soluções construtivas.

Um aspecto que chama atenção no projeto VerSus é a ampla diversidade de expressões e de soluções levantadas, resultado de diferentes contextos físicos, sociais, culturais e econômicos, o que revela a importância de se considerar aspectos locais no momento do projeto, sejam relacionados ao campo ambiental, sociocultural e socioeconômico. Aqui, vale a pena apresentar como os autores definem os

âmbitos da sustentabilidade utilizados como balizas para a definição da metodologia VerSus:

> - Meio Ambiente: capacidade da intervenção humana em reduzir e evitar os impactos negativos dos edifícios no meio-ambiente, reagindo a qualquer transformação do meio-ambiente. A capacidade da intervenção humana em preservar a natureza, as características bioclimáticas do lugar, em controlar os riscos de impacto ambiental, em preservar a saúde e em controlar os riscos naturais.
> - Sociocultural: sentido de pertença, identidade, desenvolvimento pessoal e comunitário. Uma tentativa de reunir todos os impactos positivos em termos sociais e culturais observados na arquitetura vernácula. Trata-se da proteção das paisagens culturais, da transmissão da cultura construtiva, na capacidade de gerar criatividade, no reconhecimento dos valores culturais (tangíveis e intangíveis) e na contribuição para a coesão social.
> - Socioeconómica: capacidade de reduzir o esforço investido no processo de construção, o desempenho construtivo, a manutenção dos edifícios e todos os impactos que contribuem para a melhoria das condições de vida. O conceito de esforço e trabalho é substituído pela ideia de custo em contextos onde o investimento capital não foi implementado. Neste caso, as soluções vernáculas incentivam a uma maior autonomia, estimulam a atividade local, optimizam os esforços de construção, aumentam a vida útil dos edifícios e preservam os recursos (GUILLAUD *et al*., 2014, p. 08).

Podemos depreender que muitos dos aspectos apontados na definição dos autores são possíveis em uma escala local e trabalham no sentido de valorizar, otimizar e promover o que há nele disponível, principalmente as pessoas. Outros princípios reforçados são a formação e preservação de identidades locais e o desenvolvimento comunitário, estímulo à autonomia e à atividade local, o reconhecimento de valores culturais e a importância de sua transmissão e difusão, principalmente conhecimentos construtivos relativos a soluções vernáculas – aspectos que definem a arquitetura vernacular.

Em geral, culturas construtivas locais estão adaptadas ao clima e ao contexto (humanos, materiais, financeiros, instrumentais) e se beneficiam do que há de abundante numa determinada região. Partindo destes princípios, resultam em bens mais baratos e menos energo-intensivos (necessitam menos transporte para o abastecimento dos diferentes insumos), refletem necessidades locais, ampliam as possibilidades de soluções e propiciam o desenvolvimento de competências construtivas endógenas a partir de um saber e de um saber-fazer contextuais em constante adaptação e evolução.

Outro trabalho referência é o desenvolvido por Thiago Lopes Ferreira, "Arquiteturas vernáculas e processos contemporâneos de produção: Formação, experimentação e construção em assentamento rural", de 2014. Nesta pesquisa o autor teve como objetivo investigar, produzir e consolidar culturas construtivas locais contemporâneas através da produção de formas conscientes e desalienantes de novas tecnologias construtivas. De acordo com Ferreira (2014, p. 123):

> É na apropriação plena e consciente dos processos de produção, nas mãos dos produtores livres, que a arquitetura vernácula contemporânea se faz e desenvolve. Ela se torna facilitadora de processos embrionários de desenvolvimento de novas culturas construtivas, na medida em que se esforça por superar o trabalho alienado, regrado e controlado heteronomamente.

Para tanto, o autor parte de um mapeamento teórico sobre quais fenômenos estão envolvidos na

produção de culturas construtivas vernaculares[178] e reflete, pela experiência prática, a partir da construção de uma casa em assentamento rural, seus limites e potencialidades. Ainda que em um contexto de pobreza, no sentido de ausência de dinheiro, foi possível enxergar a riqueza de possibilidades a partir dos recursos abundantes no terreno e na região para, a partir daí, definir o projeto arquitetônico e o de produção.

No que se refere ao processo de produção, seu planejamento inicial foi alterado constantemente em um processo dialógico com as demais pessoas envolvidas visando valorizar a inteligência construtiva coletiva. Tratou-se de uma rica experiência educativa, de formação profissional a partir de um ambiente participativo e dialógico baseado numa rotina de experimentação, adaptação, sistematização e aprimoramento das diferentes práticas envolvidas. Importante dizer que este processo de articulação e de desenvolvimento de novas tecnologias testado, baseado em autogestão coletiva, formas autônomas de trabalho, descentralização das decisões, é evolutivo e adaptativo, particular de um contexto sociocultural, econômico, ambiental e histórico. Neste sentido, se o grupo se apropria de um conhecimento, ele pode replicá-lo, alterá-lo e adaptá-lo, o que abre margens para a construção de diversas possibilidades.

De acordo com Ferreira (2014), o processo educativo e formador é condição essencial para o trabalho emancipatório consciente, desalienado. Nele, o trabalhador pode se apropriar de processos produtivos e, ao mesmo tempo, estabelecer uma crítica concreta sobre a sua prática. Se este processo educativo e formador se baseia na pluralidade do coletivo e na construção de projetos comuns, há a possibilidade de extrapolar a esfera do individual, de se conformar uma consciência de grupo.

...

A apresentação destas referências e toda a discussão apresentada até aqui tem por objetivo revelar que debater o local possui implicações que extrapolam um espaço físico delimitado. Trata-se da soma do território e do seu contexto, marcado por diferentes manifestações culturais, sociais, econômicas, ambientais, materiais, simbólicas, em um tempo preciso e datado. Implica, por isso, a valorização das múltiplas características de cada bio-região em conjunto com suas diversas manifestações socioculturais numa relação coevolutiva, em sinergia, para a construção e o fortalecimento de saberes.

Considerar o local implica, de acordo com os autores discutidos, em produzir o máximo dos elementos necessários à reprodução material e social de um grupo de pessoas no local onde habitam, sejam eles materiais, sociais, culturais ou simbólicos. Sendo a tecnologia um meio para atender as necessidades

[178] Ferreira (2014) decompõe o fenômeno de produção de culturas construtivas tradicionais em oito pontos: período histórico (contexto), localização, recursos disponíveis, processos construtivos, sistemas de mediação e de organização, sistemas de representação, sistemas de memorização e sistemas de transmissão e difusão.

humanas (como discutimos no capítulo 1), ela também deve carregar esta postura.

Como as abordagens sobre o local caminham na contramão dos princípios da economia capitalista, elas também implicam em:

- Construção de uma sociedade local com identidade e autonomia (contrária a sociedade global monocultural), capaz de determinar necessidades e meios para atendê-las;
- Participação social em espaços adequados, valorização dos diferentes grupos e promoção de coesão social (contra o individualismo e a aposta cega e despolitizada nas representações institucionais);
- Redução da escala territorial e organização de regiões autônomas, em diferentes escalas (contra a escala global e a divisão produtiva especializada dos territórios);
- Formação de diferentes redes solidárias, não hierárquicas, grupos sociais (contra a lógica da competição);
- Promoção de novas identidades, e assim, da diversidade (contra o monocultural);
- Descentralização de unidades produtivas, conhecimentos, poder, decisões;
- Promoção de trabalho livre, desalienado, onde diferentes trabalhadores tenham consciência do processo produtivo empregado na produção de qualquer bem, conhecimentos suficientes para lhes conferir autonomia, e participação suficiente nas decisões para colaborar com formas criativas na resolução de problemas;
- Instituição de formas de construção e transmissão de conhecimentos, descentralizadas e acessíveis;
- Valorização de recursos locais abundantes, renováveis, assim como as condições técnicas e as habilidades humanas para a definição de tecnologias;

Um importante ponto colocado é a reconstrução ou o desenvolvimento de saberes locais, devolvendo às pessoas ou ao grupo os conhecimentos sobre o modo de fazer algo, de construir, sempre em consonância com o território. Tal postura vai contra a lógica da centralização dos saberes e das ferramentas / meios de produção e a favor de difusão e de pulverização de pequenos negócios ligados em redes, e que, ao instituir diversidade também possibilita novas respostas ou possibilidades.

Com base em toda esta discussão, a proposição do **local** para o desenvolvimento de TCBCs deve (Quadro 32):

Quadro 32 - Objetivos da categoria "local".

Valorizar as condições e os recursos locais: clima, meio ambiente, técnicas, culturas construtivas, singularidades, materiais (preferencialmente de origem renovável), energia, saberes, a fim de promover soluções diversas e contextualizadas, em harmonia com o território, e reduzir as distâncias e, consequentemente, a necessidade de transporte para abastecimento e distribuição de matérias primas;

Valorizar as pessoas e promover arranjos coletivos: a fim de estimular a coesão social, o empoderamento e a autonomia de um grupo local. Para tanto, encorajar processos participativos, espaços coletivos de decisão e troca de saberes, promovendo a formação de uma comunidade marcada pelo diálogo e pela diversidade;
Promover formas locais de desenvolvimento: através de tecnologias adequadas à pequena escala de produção, utilizando ferramentas e maquinários comuns e acessíveis, estimulando a geração de emprego e renda locais; promovendo a criatividade e a autonomia dos diferentes profissionais envolvidos no processo produtivo; proporcionando a formação e o compartilhamento do conhecimento entre os diferentes envolvidos em um processo de produção.

Fonte: Autora, 2022.

Em que estes objetivos colaboram para o baixo carbono? A reorganização produtiva dos territórios, o uso de materiais renováveis em processos simplificados, a redução das distâncias e da necessidade de transportes para a exploração dos diferentes materiais e para a distribuição dos produtos contribuem para a redução da energia incorporada aos diferentes processos. Indiretamente, tal postura contribui com a simplificação das unidades produtivas, autonomia das pessoas, coletivos, regiões. Cabe relembrar que TCBC almeja contribuir com o aumento da qualidade de vida social, de maneira mais equilibrada, reduzindo as diferentes desigualdades que contribuem para que a tomada de decisões seja sempre balizada prioritariamente por interesses econômicos.

Neste sentido, cabe apontar que a categoria local se articula diretamente com as demais categorias propostas por TCBC, principalmente racionalidade produtiva, decisões, trabalho intensivo, uso da terra e energia. Por isso, elas compartilham de aspectos comuns, os quais se repetem como modo de operacionalizar TCBC em suas diferentes categorias.

O Quadro 33 lista um conjunto de ações que colaboram diretamente com os objetivos da categoria “local” possíveis de serem mobilizadas para o projeto de TCBC:

Quadro 33 - Aspectos a serem considerados para o desenvolvimento de uma TCBC na categoria “local”.

Materiais	Priorizar o uso de material local: renovável e abundante;
	Desenvolver soluções priorizando resíduos locais, materiais não valorizados, como casca de arroz, couro, resíduo de madeira;
	Produzir materiais, componentes e sistemas construtivos adequados às características climáticas locais (promover modos passivos de conforto ambiental);
Trabalho	Fomentar práticas e inteligências locais por meio de experimentação;
	Estabelecer espaços dialógicos, participativos e coletivos para a discussão do projeto de tecnologia;
	Promover práticas coletivas de organização do trabalho;
	Organizar espaços de aprendizagem e troca de saber e saber-fazer;
Meios de trabalho	Priorizar o uso de ferramentas e máquinas de pequeno porte, economicamente acessíveis;
	Priorizar a apropriação de espaços de uso múltiplo onde seja possível compartilhar ferramentas e maquinários.

Fonte: Autora, 2022.

Categoria 6: Racionalidade produtiva

Ainda que a racionalidade seja uma das características da indústria, não é algo exclusivo dela, e pode e deve ser aplicada a todas as decisões relacionadas à produção do ambiente construído. Sabbatini (1989, p. 67) define racionalização construtiva como "[...] um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases".

Otimizar o uso de recursos pressupõe reduzir a necessidade de exploração / utilização de novos recursos, independentemente de sua categoria. Com a indústria, esta economia é revertida para o aumento da escala de produção – o efeito rebote. Ou seja, é a sua meta produzir mais itens com menos recursos para aumentar o número de itens produzidos, passíveis de serem mercantilizados.

Aplicar princípios de racionalidade produtiva e construtiva à concepção de TCBCs, por sua vez, tem como objetivo otimizar o uso de todos os recursos, não para o aumento da produção, mas almejando a redução da exploração ambiental e humana, associada à valorização do trabalho. Não se trata de economizar para produzir mais, mas para deixar de produzir, para preservar os recursos em sua origem – natureza, mente e músculos humanos, energia etc. Por isso esta categoria deve estar diretamente relacionada com o projeto para a permanência.

Tendo em vista o significado da **racionalidade produtiva**, a proposta de TCBCs pressupõe (Quadro 34):

Quadro 34 - Objetivos da categoria "racionalidade produtiva".

Garantir o máximo aproveitamento dos recursos na construção: principalmente por ações que eliminem desperdícios, geração de resíduos, perda de materiais, assim como de energia, de esforço humano, água, tempo de produção.
Reduzir o consumo dos recursos: eliminando etapas construtivas dispensáveis (por exemplo, o reboco), assim como etapas de reparo e / ou maquiagem utilizadas para esconder falhas de construção; fazendo bom uso dos materiais, prezando por seu correto dimensionamento (traço do concreto, por exemplo); planejando atividades de canteiro para otimizar o tempo e esforço dos trabalhadores e demais recursos; prevendo a correta interface entre diferentes sistemas e subsistemas construtivos para evitar o retrabalho; diminuindo a necessidade de transporte.
Promover princípios de circularidade da produção: integrando os diferentes sistemas de produção de modo que o resíduo de um processo seja matéria prima de outro. Trata-se da tentativa de eliminar a geração de resíduos da construção civil, em todas as etapas de sua ampla cadeia (da extração dos materiais ao final da vida útil de uma edificação).

Fonte: Autora, 2022.

Sabbatini (1989) explica que a racionalização é resultado de um correto projeto, tanto no que se relaciona às características do sistema ou elemento construtivo, quanto à organização de sua produção. Neste sentido, todas as decisões relacionadas aos materiais e seu fluxo de abastecimento, sequência de execução, interface entre diferentes sistemas e subsistemas, projeto executivo, análise de gargalos / restrições possíveis e suas soluções etc., devem preceder o canteiro. O canteiro é o local de execução,

não de decisões.

Investir maior tempo em planejamento de execução, detalhamento construtivo, organização de canteiro de obras, ferramentas mais adequadas, entre tantas outras decisões importantes, garante maior assertividade em canteiro, maior rendimento do trabalho e aproveitamento dos materiais e ferramentas. A segmentação do processo de concepção e execução de tecnologias, ou entre quem decide e quem executa, conforme estabelece Sabbatini (1989), no entanto, é algo questionado e combatido quando a discussão é o desenvolvimento de TCBC.

A partir do momento em que o trabalhador responsável pela execução tem entendimento pleno daquilo que realiza ele é capaz de propor soluções e melhorias. Por isso, a importância premente em capacitar e formar trabalhadores de diferentes níveis técnicos e de se estabelecer relações mais horizontais, não hierárquicas, de decisões - modos colaborativos de trabalho baseados em ações dialógicas, ou práticas mais integradas entre canteiro e desenho.

Outro aspecto relacionado à racionalidade é a pré-fabricação de elementos ou sistemas e subsistemas construtivos. Quando há a defesa pela industrialização do setor, pela literatura corrente, é colocada a importância de levar este processo para fora do canteiro, em ambientes de maior controle, se possível dentro de indústrias. Como já discutido, esta escolha potencializa os meios de produção, centraliza a produção, simplifica o trabalho e demanda todo um sistema de logística para abastecimento e distribuição de bens. Como existe grande investimento em capital fixo, em geral, há a padronização e a repetição em grande escala dos itens.

TCBC propõe, por sua vez, que a pré-fabricação de itens da construção possam ser realizados de maneira dispersa (pensando na relação entre as categorias racionalidade e local), difundindo maneiras diversas para se alcançar os benefícios deste modo de produção, quais sejam: produtos padronizados e de qualidade; processo produtivo otimizado e organizado, estrategicamente planejado (trabalho, ferramentas, materiais); ferramentas e equipamentos que facilitem o trabalho e promovam / assegurem uniformidade do produto, como gabaritos e guias, mesas de produção; condições adequadas para a realização das atividades de trabalho, possibilitando segurança, redução dos esforços e compreensão do processo pelos diferentes trabalhadores envolvidos.

Um exemplo é a Unidade Móvel de Pré-fabricação (UMP), solução recorrentemente defendida pelo Grupo Habis para a produção de componentes e sistemas em madeira. Entre as vantagens, destacam-se:

- Reduzem os deslocamentos (do material para a fábrica, e da fábrica, em forma de produtos transformados, para o canteiro de obras) ao concentrar em um mesmo local ferramentas,

trabalhadores, equipamentos e matérias-primas.

- Podem ser implantadas temporariamente no canteiro de obras ou muito próximo a ele, o que reduz ainda mais os deslocamentos;
- São unidades difusas e de grande alcance geográfico;
- Por seu caráter móvel, demandam ferramentas menores e de menor complexidade;
- Não atuam de modo a estocar produção;
- Além de espaço para produção, podem atuar enquanto espaço para oficinas de capacitação e de formação técnica, também itinerantes.

Unidades móveis de pré-fabricação, em geral, são resultado de adaptação de caminhões com baús ou contêineres, ônibus, trailers ou barcos. Esta ideia, hora proposta para a construção civil, já é algo bastante utilizado em ações de medicina preventiva / da família, onde se adapta meios de transporte para a realização de consultas e exames – e, por isso, deslocam equipamentos especializados e equipes. Também há exemplos de bibliotecas móveis ou itinerantes, as quais seguem por diferentes cidades e regiões com o intuito de ampliar o acesso à leitura. A opção pelo móvel permite estabelecer acesso a populações isoladas, ou distantes de centros de atendimento especializado, ou públicos específicos (SOUZA *et al*., 2015) – em geral, denominado missões, caravanas etc.

Na construção civil, um exemplo interessante é o projeto Prumo (Projeto de Unidades Móveis), do Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (IPT). Seu objetivo é oferecer atendimento e consultoria para micro e pequenas empresas a fim de melhorar seu processo produtivo. Para tanto, faz uso de veículos adaptados com equipamentos laboratoriais específicos para cada setor a ser atendido, realizando "[...] ensaios físicos e mecânicos em matérias primas, processos e produtos acabados" (KATAYAMA; MAZZARELLA, 2018, p. 68).

Mesas de pré-fabricação, gabaritos, fôrmas são outros elementos que potencializam e racionalizam a produção sem, necessariamente, ocupar grandes espaços de produção, como galpões industriais. E podem ser facilmente adaptadas a UMP, ou movidas para diferentes canteiros. Exemplos de produção *in loco* de componentes e sistemas construtivos em madeira podem ser verificados nas pesquisas de Ghellere (2020) e Valle (2011). Exemplos interessantes de produção de adobe podem ser encontrados no trabalho de Corba Barreto (2011).

De maneira mais propositiva / diretamente aplicável, são propostos os aspectos apresentados no Quadro 35 para o desenvolvimento de TCBCs:

Quadro 35 - Aspectos a serem considerados para a proposta de uma TCBC na categoria "racionalidade produtiva".

Compatibilizar dimensões para o projeto espacial, de componentes, elementos e sistemas construtivos (coordenação modular): a fim de evitar perdas e / ou gerar resíduos. Isso pode ser feito por meio da compatibilização entre elementos construtivos e projeto (por exemplo, dimensionando espaços pela dimensão do bloco estrutural); entre matéria-prima e elementos construtivos (por exemplo, dimensionando elementos em madeira de acordo com as dimensões de chapas); entre diferentes sistemas e subsistemas construtivos.
Padronizar elementos construtivos: a fim de facilitar trocas evitando a perda de todo um sistema. Isso pode ser feito pela proposta de elementos modulares, se possível facilmente substituíveis em caso de avaria, compatíveis entre si.
Prever a interface entre diferentes elementos, sistemas e subsistemas construtivos: evitar retrabalho, quebras desnecessárias, perda de materiais, tempo e esforço.
Eliminar etapas construtivas desnecessárias / dispensáveis: a fim de economizar os recursos em sua origem. Por exemplo, revestimentos.
Dimensionar corretamente elementos, componentes e sistemas: evitando o uso desnecessário de recursos, por exemplo, o traço de concretos e argamassas, ou a dimensão de pilares, vigas e lajes.
Prever em projeto a destinação, ou o uso, de resíduos gerados em processos construtivos ou produtivos: se possível, promovendo a circularidade dos materiais;
Reduzir os esforços do trabalho: a fim de otimizar e preservar a mão de obra. Isso pode ser realizado por meio da organização da produção, projeto de elementos considerando seu peso e espaços necessários para manobra, tipo de encaixe e de interface entre as diferentes partes de um sistema construtivo;
Aproximar a pré-fabricação de componentes e sistemas do canteiro de obras: a fim de evitar transportes desnecessários.
Optar por maquinários pequenos, com menor gasto energético: a fim de reduzir as emissões de gases associadas e aumentar o acesso aos trabalhadores.
Organizar o canteiro de obras: reduzindo distâncias a serem percorridas pelos trabalhadores, organizando os materiais, planejando equipes e etapas de trabalho, otimizando espaços para o uso maquinários e ferramentas;
Garantir a assertividade do trabalho / qualidade da construção: visando eliminar etapas de reparo e / ou maquiagem utilizada para esconder erros de construção
Organizar processo de trabalho e de produção: utilizar ferramentas adequadas e bem adaptadas ao trabalho e ao trabalhador; garantir segurança do trabalho; correto abastecimento de insumos para a produção, organização das etapas; organização do canteiro para o correto desenvolvimento das atividades.
Capacitar, formar e treinar mão de obra: quanto maior o aprendizado do trabalhador, maior sua desenvoltura na execução de um trabalho / serviço / tarefa.
Estabelecer práticas dialógicas de trabalho: fortalecendo e valorizando os saberes e habilidades dos diferentes profissionais envolvidos;
Garantir qualidade e desempenho do produto: a fim de evitar consertos ou manutenções evitáveis, e aumentar a vida útil da construção;

Fonte: Autora, 2022.

Categoria 7: Decisões

Aqui, neste ponto do trabalho, já ficou evidente a importância da decisão no desenho de tecnologias e concomitantemente, na definição de processos produtivos. Quem decide, porque decide, com base em que decide, a favor de que decide. A depender do grupo que decide será elencado o problema e a resposta a ser dada a ele – ou seja, decidir possui um caráter determinante diante de possibilidades e

de interesses.

Hoje, em um mundo submetido à racionalidade econômica, decide quem detém o capital e / ou os meios de produção, em geral a favor do incremento da produtividade e, por consequência, aumento da concentração de renda/lucros e do poder de decisão que também se desvela em poder político e econômico. Resulta, ademais, em todos os demais impactos já discutidos por este trabalho.

Se almejamos que as decisões caminhem em outra direção, a favor do planeta e da redução das emissões de carbono, reduzindo a desigualdade de renda e aumentando a qualidade de vida, conferindo a possibilidade de acesso à direitos universais como saúde, educação, moradia, segurança, seguridade social, alimentação nutritiva e livre de toxicidade devemos alterar quem e como se decide, e a favor do que se decide – seja o desenho da tecnologia, a ocupação da cidade, a produção de alimentos, o acesso à saúde, à educação e à terra, ou qualquer outro aspecto da nossa vida social.

É, para tanto, necessário uma adequação ou alteração da situação institucional a favor da efetiva participação mediante politização de diferentes grupos sociais, pela inclusão de diferentes representações nas instâncias de decisão, e mesmo a criação e a ampliação destas instâncias (ACOSTA, 2016; LATOUCHE, 2009; MAGNAGHI, 2011; SACHS, I., 1986). Trata-se de um longo percurso a ser perseguido, implicando em mudanças sociais de valores e, portanto, em luta constante sobre como organizar o mundo humano. É, portanto, um projeto político.

Como foi discutido recorrentemente nesta tese, a tecnologia não é neutra, tão pouco autônoma, mas sim controlável e condicionada por valores sociais (FEENBERG, 2015). Os valores produtivos predominantes se assentam em simplificação do trabalho (alienação), redução dos custos de produção mediante racionalidade técnica, principalmente em economia de trabalho humano de maior saber e saber-fazer, aumento da escala de produção e, portanto, do consumo de matérias primas, otimização de máquinas e equipamentos em conjunto com a centralização e especialização da produção e necessidade de redes extensivas de transportes e de comunicação etc.

Neste sentido, ao se discutir o âmbito das decisões, a pretensão é desafiar a ordem vigente, instituir um processo transformador, revolucionário, e não reformista ou condescendente do atual modo de produção, em especial, da edificação, mais especificamente ainda, das tecnologias construtivas utilizadas em sua construção.

Decidir para que? Em função de que? Aqui se faz importante evocar e referenciar os diferentes autores, pesquisadores e profissionais dedicados a responder questões como estas a fim de nos ajudar a vislumbrar outras possibilidades. Mas é importante ressaltar, de antemão, que a abordagem selecionada por este trabalho se alinha às noções de autonomia coletiva, autogestão, participação, auto-organização,

ou seja, na capacidade de um grupo em se organizar e pôr em ação seus desejos e necessidades.

Na leitura sobre baixo carbono (tecnologia, construção, material, etc.) é comum a discussão sobre a multidisciplinaridade das equipes de decisão, principalmente para projeto e seu processo produtivo associado (ver artigos de DAWOOD *et al*., 2013; HAKKINEN *et al*., 2015; LEHMANN, 2013; SHI; YU; ZUO, 2015; WANG *et al*. 2016). Em geral, importa ampliar os diferentes especialistas implicados em uma decisão técnica, possibilitando um entendimento mais amplo sobre os possíveis impactos decorrentes de uma escolha para se chegar a uma decisão mais consciente. A ACV e ACV CO_2 figuram como potenciais ferramentas de suporte às decisões ambientalmente menos impactantes como discutido no subcapítulo 3.1.3. Também se discute a participação do usuário em processos decisórios como um meio de conscientização a favor das soluções, as quais, por serem dadas por profissionais qualificados, seriam melhores ou mais corretas – um aspecto meramente engessado de participação e uma visão bastante acrítica sobre quais saberes são importantes.

Apesar da importância em se ampliar a multidisciplinaridade de equipes técnicas, o que é desejável, nem todas as decisões concernentes ao desenho de uma tecnologia são de caráter meramente técnico – haja visto as implicações sociais e ambientais de cada escolha. Além disso, a participação destes diferentes profissionais acontece em nichos específicos, pré-determinados, sem questionar a estruturação dos nichos.

No campo da arquitetura e urbanismo, especificamente no canteiro de obras, Sérgio Ferro[179] (2020) é uma importante referência para se pensar o ofício de sua profissão num caminho de transformação, principalmente no que diz respeito ao trabalhador do canteiro de obras, em suas palavras, o operário. Para ele, é necessário superar as relações heterônomas[180] de trabalho e de criação através do resgate do saber e do saber-fazer de cada trabalhador. Um espaço de formação de referência seriam os canteiros de autoconstrução, local de trocas, aprendizados, solidariedade e, principalmente, de experiência de autogestão. Mas, para que a experiência criasse raízes, ainda de acordo com o autor, seria necessária a formação de estruturas autônomas de trabalho, como pequenas empresas autogeridas baseadas em princípios de economia solidária, que perdurassem para além do mutirão e da autoconstrução. O auge

[179] Informações da palestra proferida pelo prof. Sérgio Ferro em 05 de dezembro de 2020, com o título "O arquiteto e a revolução brasileira" para o grupo de formação "Campo, cidade e revolução", grupo interdisciplinar de formação política, focado na compreensão e no desenvolvimento de questões acerca da renda da terra e da produção urbana no capitalismo. A palestra pode ser acessada pelo seguinte endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=_Hu-VypfQk0&t=1825s>.

[180] Ferro (2006 [1976]) define relações heterônomas de produção aquelas onde quem executa um serviço não tem o poder de decisão sobre qual serviço será realizado. Em seu livro, O Canteiro e o Desenho, o autor discute como o desenho (ou o projeto de arquitetura) assume este papel de comando estabelecendo regras a serem seguidas pelos diferentes operários envolvidos em uma obra. O desenho é responsável por conformar o trabalhador coletivo envolvido no processo de produção de diferentes objetos arquitetônicos e, ainda que também seja resultado de um processo de submissão ao capital e aos seus interesses, exerce poder despótico entre os diferentes trabalhadores envolvidos na construção, reforçando a divisão entre o saber e o saber-fazer.

de tal organização seria a formação de uma rede global de iniciativas.

Autogestão e mutirão (ao qual Ferro se refere) pressupõem processos participativos, portanto, decisões compartilhadas. De acordo com Singer (2013 [2002]), a autogestão tem como mérito principal o desenvolvimento humano proporcionado aos seus praticantes. "Participar das discussões e decisões do coletivo, ao qual se está associado, educa e conscientiza, tornando a pessoa mais realizada, autoconfiante e segura" (SINGER, 2013 [2002], p. 21).

É almejando este feito que muitas experiências coletivas são postas em prática, como por exemplo, aquelas empreendidas pela Usina CTAH[181] (Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado), a qual, por sua vez, define autogestão como:

> [...] conceito que pode ser entendido como um tipo de práxis social histórica que demonstrou a necessidade não apenas de participação objetiva (manual) e subjetiva (intelectual) nos processos de tomada de decisão, mas uma forma de reconciliação entre as dimensões de decisão, planejamento e execução dos processos de produção da vida social. O que se busca é a emancipação política e, assim, a constituição do sujeito como agente de transformação social (USINA CTAH, 2015, p. 155).

A Usina se propõe a repensar o processo produtivo habitacional por meio do diálogo com grupos organizados na discussão e na definição do projeto, do regime fundiário, das fontes de financiamento e do sistema de planejamento da obra (HIRAO; LAZARINI; ARANTES, 2015) - ou seja, discutindo e decidindo coletivamente sobre o projeto de arquitetura (layout, tamanho, materialidade, relação com a cidade, relação entre espaços privados, coletivos individuais e comunitários), a posse da terra (propriedade privada ou coletiva da terra e o que cada opção representa), os fundos individuais e coletivos para o pagamento de materiais, ferramentas e trabalho, bem como a forma de utilizá-los, e a organização do canteiro de obras (escala de trabalho, comissões, divisão das tarefas, etc.). Também discute, coletivamente, as condições mínimas e indispensáveis para a produção e o trabalho e sobre os objetivos de cada etapa do processo. Deste processo organizativo se espera a construção do "poder popular", conforme declarado por um dos participantes da experiência da Comuna Urbana Dom Hélder Câmara (HIRAO; LAZARINI; ARANTES, 2015), expressão empregada pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) para experiências coletivas onde a auto-organização a favor de mudanças na sociedade são postas em ação.

A experiência embasada nesta rotina versa a criação e a produção coletiva do espaço e da vida através da superação de relações heterônomas de trabalho e criação cujo fim é a própria transformação dos

[181] A Usina CTAH, fundada em 1990, atua enquanto assessoria técnica de movimentos sociais e comunidades organizadas para a produção de habitação social e equipamentos coletivos, além de outros trabalhos ligados, direta e indiretamente, a concepção e construção do espaço habitado. Busca articular processos que envolvam a capacidade de planejar, projetar e construir habitações e demais equipamentos comunitários pelos próprios trabalhadores envolvidos, a partir de fundos públicos. Sua atuação se contextualiza na luta pela Reforma Urbana e Agrária (VILAÇA; CONSTANTE, 2015).

grupos envolvidos (auto-organização, autogestão, participação) visando a construção do sujeito político, empoderado e consciente de sua condição – ou seja, versa a transformação que só é possível por meio da desalienação do sujeito pela crítica ao modo de produção capitalista e pelo vislumbre de autonomia / liberdade diante de todo o aparato opressor. Para Sérgio Ferro (2020), é fundamental criar espaços de vivência como este, que possibilitem "sentir na pele" outras possibilidades, já que "a teoria dá pistas para a ação, mas é a ação que 'apura' a teoria".

Uma ação similar foi a empreendida por Thiago Ferreira (2014) na discussão e experimentação de culturas construtivas contemporâneas, discutido na categoria "local". É pelo arranjo de um novo processo de produção baseado na participação e troca de conhecimentos e experiências que se pode vislumbrar outras possibilidades, testar caminhos.

O que aproxima os autores discutidos é que decisões que se querem contra-hegemônicas devem ser acompanhadas de um contexto, uma condição anterior criada, reforçada e mesmo transformada continuamente de forma coletiva, amparadas por uma crítica ao modo de produção material da vida. Isso demanda outras formas de organização que perpassam nossos diferentes arranjos, sejam eles institucionais, de trabalho, de cidade, etc.

E assim como afirmam os autores do após-desenvolvimento, em especial aqueles vinculados ao Decrescimento e ao Bem-Viver, cada resposta deve ser individual e específica de cada grupo – de acordo com as suas condições, suas demandas, seu grau de organização. Sendo assim, não existe uma resposta única, mas se espera que processos diversos de organização social possam gerar soluções diferentes daquelas que colocam a humanidade em risco a favor da racionalidade econômica.

Sendo assim, quando é discutido "decisões" para a formulação de TCBCs, espera-se (Quadro 36):

Quadro 36 - Objetivos da categoria "decisões".

Promover a participação de diferentes agentes, representações, coletivos nas etapas de concepção e de produção de tecnologias construtivas: colaborativa, diversificada, multidisciplinar, não hierarquizada, a fim de gerar respostas apropriadas ao grupo, representativas de suas necessidades;
Promover arranjos coletivos: capazes de fortalecer a autonomia do grupo e a sua autoestima, seja durante processos de concepção ou de produção de tecnologias construtivas;
Ser embasada, consciente sobre os impactos ambientais, sociais, culturais, políticos, econômicos de cada escolha: é fundamental se apropriar de ferramentas de análise, como ACV, Pegada Ecológica ou Hídrica, ACV CO_2, e outras que devem ser criadas para analisar impactos qualitativos. A questão econômica deve ser considerada, mas não priorizada em detrimento das demais;
Ser revolucionária: É fundamental que as escolhas realizadas estejam preocupadas com o aquecimento global e as suas consequências, visem a redução das emissões de carbono, priorizem materiais carbono eficientes, prezem pela eficiência energética. Mas isso será tão mais possível se estiver baseado em outras relações sociais e, consecutivamente, em outras relações de produção. É fundamental questionar o atual contexto de decisão.

Fonte: Autora, 2022.

Aqui existe um duplo caráter para a categoria "decisão". Ao mesmo tempo em que ela define modos de

operar, é esperado que estes modos de operar determinados sejam baseados em decisões de caráter coletivo e participativo. Decidir pela participação coletiva é uma aposta para o desenho de novas possibilidades advindas do caráter plural de diferentes grupos alocados em diferentes contextos e espaços. Neste sentido, quando discutimos "decisão" como uma categoria de TCBC, é esperado que ela tenha influência sobre todas as demais categorias tratadas e possa veicular seus múltiplos propósitos – ou seja, considerando os objetivos estabelecidos pelas categorias projeto para a permanência, trabalho intensivo, uso da terra, energia, local e racionalidade produtiva.

Diferente das demais categorias, para a "decisão" não são listados aspectos passíveis de serem diretamente aplicados na proposição de uma TCBC. É a decisão em si que irá operacionalizar as possibilidades.

5.3. Princípios TCBC

No subcapítulo anterior foram apresentadas as categorias determinadas para a discussão de TCBC. Buscou-se explicitar seus objetivos e realizou-se um esforço para compreender como as proposições poderiam ser utilizadas numa abordagem prática, visando a operacionalização de TCBCs. Este percurso de agrupar, analisar, qualificar, questionar, desagrupar foi fundamental para melhor caracterizar cada categoria e fazer emergir as particularidades de cada uma delas. Sendo assim, o que **revelam** os itens listados para a caracterização de cada categoria?

Para responder a esta pergunta, foi realizada uma nova síntese da discussão de categoria, conforme apresentado no Quadro 37. E da análise desta síntese foi nomeado o princípio TCBC.

Quadro 37 – Quadro síntese para a definição dos princípios TCBC.

Categoria	Objetivos	Síntese da discussão teórica	Princípio
Projeto para a permanência	Garantir a qualidade construtiva, espacial e ambiental das edificações e de suas partes	É necessário garantir a máxima permanência de edificações e de suas partes adiando, ao máximo, o descarte final. Para isso, é necessário repensar formas de projetar e construir garantindo a existência de mão de obra devidamente capacitada para as atividades projetuais e construtivas.	Edificação permanente
	Aplicar materiais passíveis de uso em vários ciclos técnicos		
	Aplicar conceitos de montagem / desmontagem / desconstrução ao projeto e à construção da edificação e de suas partes		
	Projetar visando simplicidade construtiva		
	Projetar para a construção permanente		
	Formar e capacitar mão de obra		

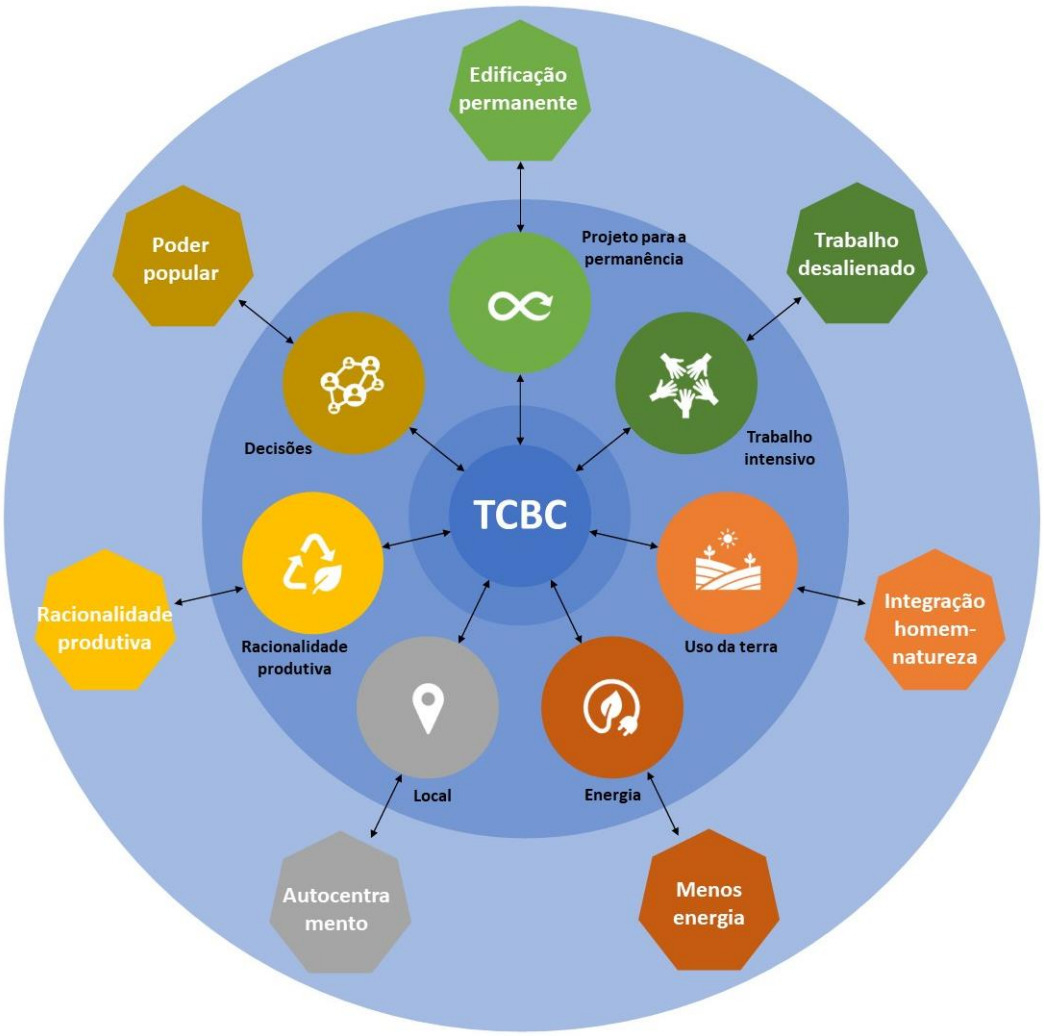
Categoria	Objetivos	Síntese da discussão teórica	Princípio
Trabalho intensivo	Desenvolver processos produtivos e componentes / elementos / sistemas construtivos desalienantes Promover a formação do trabalhador a partir de aprendizado de instrução integral Estimular formas de organização de trabalhadores alternativos aos modelos correntes de negócio	É necessário promover formas de trabalho balizadas em construção e multiplicação de conhecimentos, formas quais que contribuam para a autonomia dos diferentes trabalhadores envolvidos em um processo produtivo. Concentrar conhecimento sobre o modo de produção implica em dividir, simplificar tarefas, aplicar trabalho alienado, concentrar poder de decisão, o que acaba contribuindo para a intensificação da concentração de renda e dos meios de produção a favor do eterno aumento da produtividade.	Trabalho desalienado
Uso da Terra	Promover o uso de materiais e recursos de forma a desonerar a pressão sobre a terra Promover o uso de materiais e recursos de fontes renováveis Respeitar as características do ambiente local para a implantação de edificações	É necessário alterar como a terra é utilizada, entendendo que as modificações nela realizadas para a extração de recursos, para a deposição de elementos de difícil degradação, e pela alteração do relevo para a adequação espacial (direcionadas para a redução do custo de ocupação urbana e suas infraestruturas) alteram todo o funcionamento da biosfera gerando impactos impossíveis de serem corrigidos com tecnologias pontuais e parciais, como usualmente se faz (quando se faz). É necessário que o ser humano compreenda que também é natureza e se readéque aos seus ciclos.	Integração homem-natureza
Energia	Evitar o uso de energia Racionalizar o uso da energia Optar por fontes de energia de origem renovável	O principal setor discutido para a redução das emissões de GEE é o energético. A energia incorporada aos diferentes processos produtivos é hoje preponderante em relação à energia operacional de edificações. Ela decorre da totalidade do processo de produção, distribuição e consumo, sempre crescente. Desta forma, mais do que alterar a matriz, é necessário repensar o uso de energia a fim de reduzir a sua necessidade.	Menos energia
Local	Valorizar as condições e os recursos locais Valorizar as pessoas e promover arranjos coletivos Promover formas locais de desenvolvimento	É necessário repensar a organização da produção dos bens materiais fundamentais ao ser humano, ao mesmo tempo em que se questiona quais necessidades fundamentais são estas. Hoje elas são determinadas por agentes externos aos diferentes territórios, alheios às suas particularidades culturais, sociais, ambientais, a favor de uma produção monocultural orquestrada para manter e ampliar os interesses do capital na eterna dinâmica de produção – distribuição – consumo – descarte.	Autocentra-mento
Racionalidade produtiva	Garantir o máximo aproveitamento dos recursos na construção Reduzir o consumo dos recursos Promover princípios de circularidade da produção	Tendo em vista a necessidade de extração e uso de recursos (ambientais, energéticos, água, etc.) para a produção de tecnologias construtivas é preciso que seu uso seja feito da maneira mais racional possível, sem desperdícios ou sobras. É necessário repensar as chamadas externalidades do processo de produção como parte da cadeia produtiva de qualquer objeto produzido.	Racionalidade produtiva
Decisões	Promover a participação de diferentes agentes, representações, coletivos nas etapas de concepção e de produção de tecnologias construtivas	É necessário repensar a forma como as decisões são socialmente deliberadas. Atualmente o poder de decisão sobre qualquer aspecto da vida humana encontra-se concentrado em quem detém conhecimento, capital e meios de produção. É de se esperar que as decisões, inclusive sobre a	Poder popular

Categoria	Objetivos	Síntese da discussão teórica	Princípio
	Promover arranjos coletivos	tecnologia, visem a manutenção e o aprofundamento desta estrutura de poder. É, assim, crucial desconcentrar o poder de decisão.	
	Ser embasada, consciente sobre os impactos ambientais, sociais, culturais, políticos, econômicos, de cada escolha		
	Ser revolucionária		

Fonte: Autora, 2022.

Desta discussão foi gerado o diagrama apresentado na Figura 16, sobre as categorias e os princípios TCBC.

Figura 16 – Diagrama com as categorias e os princípios TCBC.



Fonte: Autora, 2022.

5.4. Relações entre as categorias e os princípios

Ao longo da apresentação das categorias de análise foram sendo indicadas as relações entre elas. A metodologia empregada, a argumentação lógica, estabelece ser esta uma importante construção para a sustentação do argumento. Desta forma, é esperado que haja correlação entre elas, mas não a sua

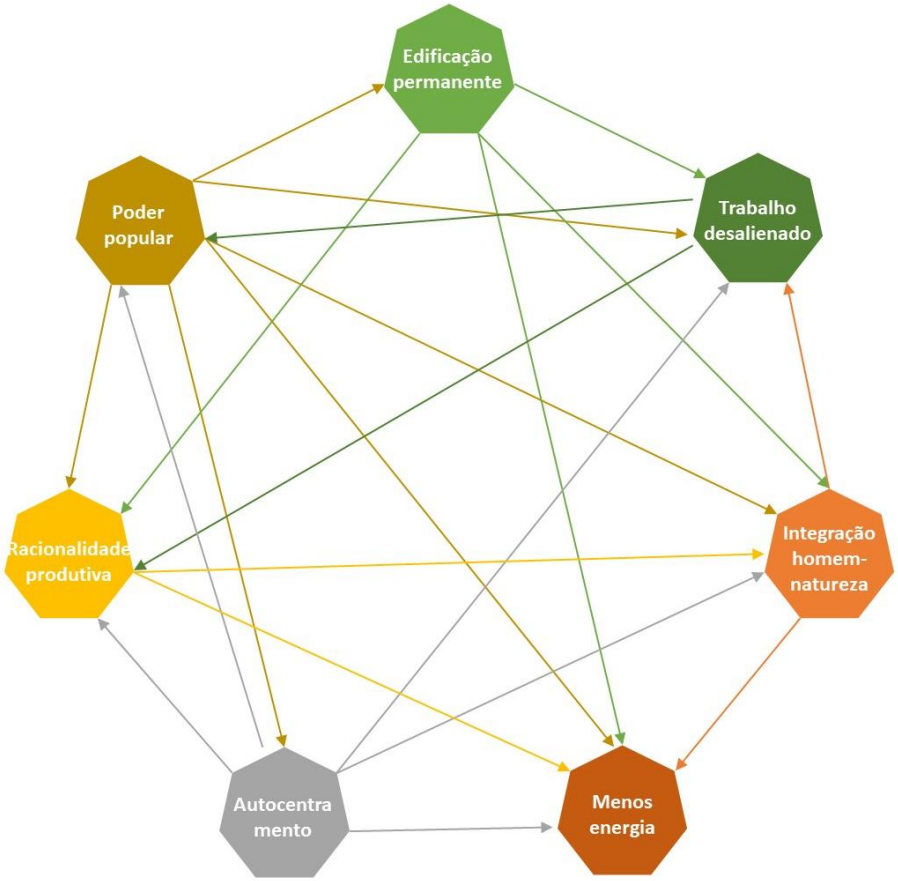
sobreposição. Nesta parte do trabalho procura-se demonstrar graficamente estas relações para, na sequência, realizar uma análise sobre a hierarquia relacional entre as categorias e os princípios.

A fim de auxiliar nesta etapa foram propostas as seguintes perguntas:

1) Qual a relação entre os princípios? Qual princípio influencia qual?
2) Existe um princípio preponderante?

O resultado da primeira pergunta foi representado no diagrama da Figura 17. Ele foi construído a partir da leitura sobre as categorias, buscando resumir as discussões construídas ao longo do texto. Neste diagrama as setas indicam qual princípio exerce influência em qual (origem da seta – exerce influência; destino da seta – sofre a influência).

Figura 17 – Diagrama de influências dos princípios.



Fonte: Autora, 2022.

Na sequência, buscou-se organizar as relações em uma matriz de correlações para responder à segunda questão: Existe um princípio preponderante? Nela, foi utilizado o número zero (0) para indicar ausência de relação e o número um (1) para indicar relação existente. Trata-se de uma matriz de influência direta, apresentada na Tabela 2.

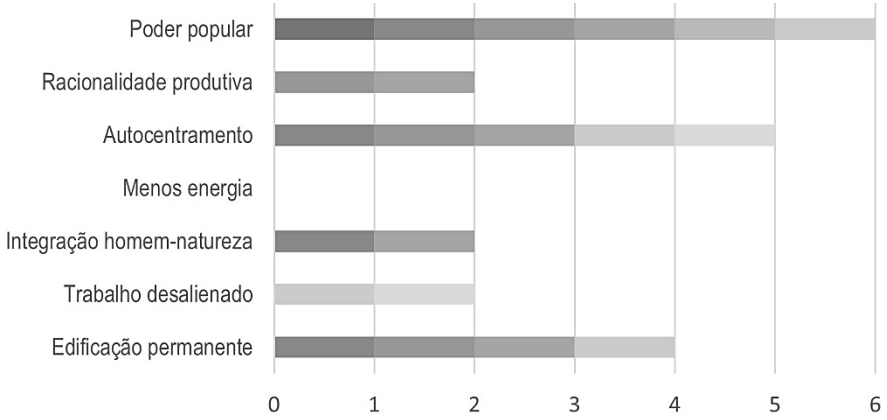
Tabela 2 – Matriz de influência direta.

		É influenciado							Poder de influência do princípio
		Edificação permanente	Trabalho desalienado	Integração homem-natureza	Menos energia	Autocentramento	Racionalidade produtiva	Poder popular	
Exerce influência	Edificação permanente	0	1	1	1	0	1	0	4
	Trabalho desalienado	0	0	0	0	0	1	1	2
	Integração homem-natureza	0	1	0	1	0	0	0	2
	Menos energia	0	0	0	0	0	0	0	0
	Autocentramento	0	1	1	1	0	1	1	5
	Racionalidade produtiva	0	0	1	1	0	0	0	2
	Poder popular	1	1	1	1	1	1	0	6

Fonte: Autora, 2022.

Da matriz de correlações foi gerado o gráfico de barras representado na Figura 18.

Figura 18 – Influência direta dos princípios.



Fonte: Autora, 2022.

Dentre todos os princípios o que exerce maior influência sobre os demais é o “poder popular”. Isso porque ele se relaciona à decisão e, como discutido ao longo da tese, é esperado que um grupo organizado e consciente dos impactos da tecnologia assuma os demais princípios de TCBC para o desenho e proposição de tecnologias construtivas.

Na sequência temos o “autocentramento”, resultado das discussões sobre o “local”. Em alguns momentos a ideia de “autocentramento” se confunde com “poder popular” uma vez que a opção pelo local é resultado de um outro tipo de organização social e produtiva. Apesar desta indissociação, a discussão sobre autocentramento possui especificidades necessárias de serem destacadas e assumidas no desenho de TCBC – como condições e recursos locais a favor da diversidade e da pulverização de possibilidades nos diferentes territórios.

Por sua vez o princípio “energia” é aquele que menos detém influência. Isso porque o conjunto dos princípios deve atuar diretamente sobre a energia, reduzindo o seu consumo – entendendo que a quantidade de energia utilizada deriva da organização do modo de produção. Se alterarmos como se produz é possível atuar sobre o gasto de energia como decorrência, e não como ação principal. E isso é

bastante coerente diante da discussão elaborada por esta tese.

5.5. Considerações sobre os princípios e categorias TCBC

Apesar da análise anterior buscar entender a relação de influência entre os princípios é fundamental frisar que TCBC é resultado deste conjunto de princípios, de forma indissociável. De acordo com esta tese, para que uma tecnologia construtiva seja nomeada TCBC ela deve ser desenvolvida visando edificação permanente, trabalho desalienado, integração homem-natureza, menos energia, autocentramento, racionalidade produtiva e poder popular.

Outro ponto a ser ressaltado é a ausência de um roteiro ou de um resultado único a ser perseguido. TCBC pressupõe diversidade, de acordo com o contexto social, ambiental, cultural, econômico. Também não se trata de um conceito definitivo e nem estático. É esperado que ele seja permanentemente readequado de acordo com as contradições ou necessidades suscitadas por ele mesmo, para assim ser apropriado pela maior diversidade de realidades possíveis, tal como preconiza Harvey (2015).

Retomando a primeira figura apresentada neste capítulo (Figura 11) resta compreender em qual etapa os princípios de TCBC são considerados. Existe algum momento em que estes "ingredientes" são adicionados ou eles compreendem uma forma holística de se pensar / conceber?

Em várias passagens da pesquisa se imaginou que os princípios de TCBC seriam mobilizados, assim como o é a ferramenta de ACV, como uma baliza analítica empenhada para a adequação de decisões. Neste momento do processo, e após tantas discussões e aprofundamentos, os princípios de TCBC são entendidos enquanto pressupostos. Ao se conceber uma tecnologia construtiva que se quer TCBC o projetista já deve ter em mente as demandas trazidas pelo conceito para então pensar as soluções. Ou seja, o conceito TCBC implica em uma forma de pensar e de propor, de início, e não um aparato a ser adicionado posteriormente. Isto posto, os princípios de TCBC devem figurar já no momento da definição do objetivo proposto para o desenvolvimento de uma tecnologia, embasando inclusive a sua justificativa, perpassando os fenômenos a serem superados e ampliando as possibilidades de soluções a serem trabalhadas.

Sendo assim, os princípios TCBC irão determinar a definição de processos, procedimentos e métodos empenhados na construção de edificações e de suas diferentes partes, incluindo qualquer decisão sobre o trabalho (atos, gestos, formas organizacionais, divisão do trabalho e do conhecimento, etc.), os materiais (origem, composição, formas de exploração, produção, uso e transformação, etc.), as ferramentas (tipos, custo, propriedade, formas de energia), os conhecimentos a serem mobilizados e como tudo isso se organiza em conjunto. Da mesma maneira, os princípios de TCBC determinam formas

de comunicação e transmissão dos conhecimentos, ensino e formação, além de linhas de pesquisa científica.

Deste modo de conceber e propor a tecnologia é esperado que haja a redução dos impactos da construção civil, em especial a emissão de gases de efeito estufa causadores do aquecimento global e das mudanças climáticas, impactos que não são apenas de ordem ambiental, mas social, econômica, cultural e política. E, da reorganização do processo de produção promovido, espera-se contribuir efetivamente para desenvolvimento social, desassociado da ideia do crescimento da produção, o que inclui acesso justo aos bens necessários à reprodução material da vida humana, formas dignas de trabalho, compartilhamento de conhecimentos, multiplicação de soluções, respeito e integração aos ciclos naturais do qual, como apenas uma das espécies, também somos parte.

5.6 Caminhos para novos imaginários sociotecnológicos

Há toda uma estrutura socialmente construída e consolidada para a manutenção da condição que esta tese busca superar. A percepção social sobre o que é necessário para sobreviver, para se ter uma vida segura, digna e confortável passa pela construção social dos valores, os quais são próprios de cada época e de cada cultura. Esta mesma estrutura que promove o consumismo e a obsolescência, justifica e normaliza acontecimentos como o rompimento da represa de Brumadinho, em Minas Gerais em 2019, pela necessidade de geração de empregos e da extração do minério para manter a economia do país, por exemplo, assim como a existência de grandes edifícios abandonados enquanto muitas pessoas moram na rua ou em ocupações irregulares, destituídas de infraestrutura mínima, para a manutenção da propriedade privada e do direito à especulação imobiliária.

Como, então, superar minimamente esta estrutura a favor de outras soluções, como as TCBCs?

Ao longo da tese, nas suas diferentes partes, foram discutidas recorrentemente as condições que tornariam possível algo ser mais sustentável (ou menos insustentável) ou de baixo carbono, as quais poderiam se aplicar ao desenvolvimento de TCBCs. A necessidade de políticas públicas e de educação promotoras de uma mudança cultural foram as mais citadas. Outros pontos importantes, também tratados, foram a participação social nas decisões; a superação da ideia dos custos de produção; educação básica voltada a mudança cultural (hábitos, valores); a educação focada em compartilhar e a difundir conhecimentos; a necessidade de ampliar o entendimento sobre os efeitos sistêmicos, por vezes inesperados, das diferentes escolhas; a necessidade de desenvolvimento de pesquisas sobre baixo carbono (edificações, materiais e processos; sistemas de verificação de emissões; inventários consolidados de carbono etc.) a ser enriquecida pela troca de conhecimentos entre os diferentes países;

a construção de protótipos e mostruários capazes de evidenciar a factibilidade de novas tecnologias aos mais diferentes públicos; e a formação de profissionais capazes de conceber outras formas de projetar, construir e conservar as edificações e as suas diferentes partes. Neste último ponto, foi evidenciada a importância da articulação entre as diferentes áreas do conhecimento envolvidas no processo de concepção e de produção, a ser alcançada mediante transdisciplinaridade.

Os autores do após-desenvolvimento, em geral, partem de uma posição crítica ao sistema socioeconômico, principalmente no que se refere à equação "desenvolvimento = aumento da produção". Apesar disso, ainda não estabeleceram um consenso sobre o papel da tecnologia para a nova sociedade almejada, como pode ser verificado pelo trabalho de Kerschner *et al*. (2018), em uma edição especial do *Journal of Cleaner Production*. Volume 197, sobre a relação entre tecnologia e decrescimento, ou em Kallis *et al*. (2018) quando discutem as diferentes pesquisas sobre o decrescimento e as suas perspectivas. O que se percebe é a também ausência de um consenso sobre o que é a tecnologia.

Pela abordagem aqui discutida, a tecnologia se relaciona ao modo como o homem resolve a base material de sua vida. A construção de edificações exige objetos, os quais são produzidos a partir de bens retirados da natureza, trabalho humano, ferramentas e conhecimento. Ter um abrigo seguro é fundamental ao bem-estar humano, sendo uma necessidade que não pode ser deixada de lado. Sendo assim, a crítica é sobre a lógica produtivista que tem definido, contemporaneamente, os caminhos do desenvolvimento tecnológico, esta sim a ser superada, e não a tecnologia. A proposição dos sete princípios de TCBC visa reestruturar o modo como se decide e se define a tecnologia construtiva aplicada a edificações.

É importante reforçar que, ao se propor TCBC, não se vislumbra uma única resposta, muito menos uma resposta livre de contradições e de tensionamentos. Afinal, tal como coloca Kerschner *et al*. (2018), de qual necessidade humana se trata? Individual ou coletiva? De subsistência, identidade, liberdade? E este é um dos principais desafios colocados por TCBC: encontrar espaços onde discussões como estas sejam factíveis, onde exista a possibilidade de vislumbrar e colocar à prova "novos imaginários sociotecnológicos".

"Novos imaginários sociotecnológicos" são uma das reivindicações dos autores do decrescimento. Para autores como Latouche (2009), Kerschner *et al*. (2018) e Kallis *et al*. (2018) é fundamental reduzir o tempo dedicado ao trabalho produtivo e empenhá-lo em lazer e atividades criativas, principalmente para a concepção de outras formas de resolver problemas humanos. Imaginar não estaria ligado à fantasia, mas seria um recurso cultural empenhado para produzir sistemas de significados distintos, possíveis de serem empenhados para uma outra interpretação, coletiva, da realidade em direção a futuros atingíveis e desejados (KERSCHNER *et al*., 2018; JASANOFF; KIM, 2009).

Harvey (2015), em seu esforço por imaginar "espaços de esperança", argumenta que nenhuma mudança social é rápida, a não ser mediante colapso, guerra ou revolução. Excluídas estas possibilidades, ela acontece lentamente, demandando a construção de brechas, realização de experimentos e de adaptações a serem desenvolvidas e difundidas dentro da estrutura social existente, ainda que sob o risco de serem absorvidas e descaracterizadas pelo sistema predominante.

A chave para a construção de novas possibilidades, segundo o autor, em qualquer âmbito da vida social, deve estar na ação coletiva, seja por meio de movimento social amplo ou pela aliança de classes. E para que esta ação seja transformadora ela demanda muito mais do que a participação coletiva, a qual, a depender do contexto e das condições, pode ser meramente burocrática e utilitária[182]. É imprescindível ações colaborativas e coordenativas no que o autor chamou de teatros de pensamento e ação, incluindo desde a formação política individual e coletiva, a determinação de desejos compartilhados e a definição de ferramentas de intermediação (detalharemos adiante). Ainda, de acordo com o autor, ações baseadas em apenas um ou outro dos sete teatros tornam-se incompletas, portanto, perdem sua força transformadora. Cabe ressaltar que estas mesmas frentes são empenhadas pelo sistema capitalista para justificar e avalizar a atual estrutura socioeconômica.

Para começar a discussão sobre os teatros de pensamento e ação, Harvey (2015) debate a **construção política individual**. Somos pessoas corporificadas, seres viventes dotados de emoções, desejos, preocupações e temores, estabelecidos passageiramente (o tempo de uma vida humana) num determinado espaço e tempo. Entender a "espaçotemporalidade" de uma vida humana (ambiente tecnológico, físico, social, econômico) é fundamental para compreender as motivações individuais, e assim, como se desenha a vida material, mental e social. Ou seja, o que uma pessoa política é agora está relacionado às suas características individuais em conjunto com o contexto vivenciado por ela.

É de se esperar, desta maneira, que existam diferentes "eus políticos", assim como capacidades e habilidades distintas passíveis de serem usadas para transformar o mundo. E como seres que decidem, quando se almeja mudar o mundo é necessário primeiramente transformar a si mesmo a favor daquilo que se defende, tendo consciência de que ao se optar por um caminho, será deixado de lado, ainda que momentaneamente, todos os demais.

---

[182] Uma referência esclarecedora, amparada na problematização sobre o sentido da participação é a tese de Carolina Akemi M. M. Nakahara (2021) intitulada "Do habitat ao habitar poiético: Participação, apropriação e utopia em Henri Lefebvre". Nela, entre outras questões, a autora analisa diferentes autores e experiências no campo da produção do espaço (arquitetura, urbanismo e construção) e analisa os limites da participação amparada pela definição de Henri Lefebvre. Outro autor que se debruça sobre o tema é Majid Rahnema (1996), diplomata e ex-ministro do Irã, representante da ONU entre 1957 e 1971. Em sua análise, a participação pode atuar enquanto uma poderosa arma de manipulação, a depender da forma como é proposta e veiculada. Quando isso ocorre, a participação torna-se meio para legitimar o sistema econômico e social instituído, sem contestações.

É importante frisar, contudo, que mudanças de atitudes e de comportamentos pessoais não são suficientes para que ocorra uma mudança social, por mais radicais que elas sejam. Mas, são imprescindíveis no conjunto das demais ações, sendo disputadas a fim de direcionar seus caminhos, pelos mais diversos interesses[183]. Sendo assim, "[...] a negociação que sempre está na base de todas as práticas políticas e arquitetônicas envolve pessoas que buscam transformar umas às outras e ao mundo, assim como a si próprias" (HARVEY, 2015, p. 309).

Na sequência, o autor discute como **toda a pessoa política é uma construção social**.

> A pessoa que é política é entendida como entidade receptiva aos incontáveis processos (que ocorrem em diferentes escalas espaçotemporais) que atravessam nossos mundos físicos e sociais. Logo, tem-se de ver a pessoa como um conjunto de relações socioecológicas (HARVEY, 2015, p. 309).

Como os processos são dinâmicos, trata-se de uma construção social fluida, passível de alteração, ainda que esta noção seja apartada do nosso entendimento justamente para nos manter obedientes na estrutura corrente. O modo de produção capitalista define nossa "posicionalidade" de acordo com a função social que desempenhamos. Esta posição influencia o que vemos e como interpretamos a nossa realidade, condicionando nossas consciências e imaginários. Outros aparatos delimitam ainda mais nossos horizontes, como por exemplo, os meios de comunicação em massa, impedindo um olhar mais crítico, e a própria rotina diária necessária à reprodução material da vida, cada vez mais acelerada, que nos priva de tempo para imaginar alternativas. Sem contar, ainda, a construção da ética e dos valores a serem respeitados e perseguidos socialmente.

Para Harvey (2015), postular outras experiências de pensamento, de imaginar outros possíveis, passa pela alteração da nossa "posicionalidade" ou "situcionalidade". E, ainda que esta ação seja fundamental para aspirar a mudança do mundo (mudar a si mesmo para mudar o mundo), ela se encontra enfraquecida sem que haja a coletivização deste impulso pela mudança – e aqui entra a necessária **política das coletividades**.

> A construção de identidades coletivas, de comunidades de ação, de regras de pertinência, é um momento crucial na tradução do pessoal e do político num terreno mais amplo de ação humana. Ao mesmo tempo, a formação dessas coletividades cria um ambiente e um espaço (por vezes, como a nação-estado, relativamente estável e duradoura) que moldam a pessoa política, assim como moldam os modos pelos quais o pessoal é e pode ser político (HARVEY, 2015, p. 315).

A construção de comunidades pressupõe criar regras em comum, reconhecidas, obedecidas e respeitadas. Não significa que serão regras congeladas, imutáveis, mas resultado de discussões, tensionamentos, transgressões e reconstruções colocadas em pautas coletivas.

---

[183] O que dizer das insistentes campanhas para consumo consciente, consumo sustentável? Mais do que a ideia em si é fundamental compreender a qual objetivo estas campanhas atendem. Em geral, trata-se apenas de apelo para o consumo de uma marca ou de um modo de vida, sem que nenhuma alteração real seja processada na nossa realidade.

Uma vez formado grupos com identidade é necessário sair do **particularismo militante (do grupo) para a ação coletiva**, disputando espaços e conquistas dentro do contexto em que vivemos (lembrando que aqui estamos discutindo ações para mudanças sociais e não para o aprofundamento das atuais condições). Isso passa pela construção de uma espécie de política universalista a ser definida pelas origens particulares militantes, traduzida na forma de direitos e deveres e veiculada por instituições mediadoras.

As instituições mediadoras são peças-chave de qualquer ação política, pois são os centros legítimos de poder, "guardiões dos princípios universais e árbitros de sua aplicação" (HARVEY, 2015, p. 317), "centros de formação dos discursos dominantes e centros de exercício de poder" (HARVEY, 2015, p. 318). O Estado-nação e os governos locais seriam exemplos, assim como a ONU, o Fundo Monetário Internacional (FMI), o Banco Mundial, grupos de assistência médica ou escolar, as universidades públicas brasileiras etc. (em diferentes frentes e escalas).

Harvey (2015) adverte ser necessário cuidado aqui, pois existe uma forte crítica às políticas universalistas quando, para ele, a crítica deveria estar em instituições específicas, principalmente aquelas que atuam beneficiando interesses particulares em detrimento do bem-estar das demais pessoas. Outro ponto importante, para o autor, é a necessária flexibilidade a ser operada dentro das instituições, garantindo a segurança das decisões, mas abrindo espaço para novas possibilidades. Seria uma revolução permanente a ser processada no âmago de toda ordem social progressista, atualizando e readequando as decisões ao grupo também em construção.

Além de instituições também é preciso garantir espaços, **ambientes construídos**, onde seja possível mediar e debater a dialética entre a particularidade e a universalidade. Harvey (2015) argumenta que o modo como projetamos os espaços influencia, facilitando ou reprimindo, diferentes tipos de ação. Como exemplo, discute a estruturação das cidades, sua forma e estilo, como inibidoras da exploração livre de diferentes estilos de vida: como usar bicicletas em cidades projetadas para carros? Como promover formas coletivas de moradia e uso da terra superando a propriedade privada e toda a legislação que a protege? A formação de novas coletividades e ambientes alternativos onde seja possível testar outras possibilidades é passo fundamental para a formação de novos sujeitos políticos. A experiência, o sentir, é importante para além do pensar, do conceber.

Outro teatro de ação corresponde a criação de uma linguagem compartilhada capaz de **traduzir aspirações comuns** (pontos de convergência), mas registrando e respeitando as diferenças socioecológicas e político-econômicas dos variados grupos. Neste ponto, o autor discute o desafio de criar representações discursivas do mundo capazes de fomentar formas coletivizadas de ação:

> [...] sem tradução tornam-se impossíveis formas coletivas de ação. Desaparece todo o potencial para uma política alternativa. A fluida capacidade dos capitalistas e de seus agentes no sentido de traduzir entre si empregando as linguagens básicas do dinheiro, da mercadoria e da propriedade (apoiadas, quando necessário, pela linguagem teórica de uma ciência econômica reducionista) é uma de suas mais avantajadas forças de classe. Todo o movimento oposicionista rebelde tem de fazer o mesmo com a mesma, se não com maior eficácia (HARVEY, 2015, p. 321 e 322).

Sendo assim, é necessária a representação de decisões coletivas em princípios universais abstratos (valores, discursos, instituições representativas, estatutos legais, constituições), códigos de ação a serem empenhados como diretrizes para futuras decisões e ações, momento em que se traduz os **compromissos pessoais em projetos políticos coletivos**. Mais uma vez, o autor diz não se tratar de algo acabado, verdade absoluta, mas um momento existencial, "ou isso ou aquilo", estabelecido pelo grupo. Sendo assim, implica em tomar decisões, materializá-las em princípios ou códigos e agir a partir deles. "O momento do universal é, por conseguinte, o momento de julgamento político, do compromisso e da práxis material" (HARVEY, 2015, p. 324).

Harvey (2015) explica que as alterações políticas costumam acontecer em diferentes escalas espaçotemporais, simultaneamente nos diferentes teatros de pensamento e ação, quase nunca de forma coordenada. E, uma vez determinado um projeto coletivo, é necessário colocá-lo em disputa com diferentes outros projetos, não apenas em âmbito institucional, mas entre as pessoas, já que o pessoal é fundante para qualquer projeto de mudança social.

Voltando às condições elencadas pelos autores revisados quando da discussão para soluções e para a construção de cenários de sustentabilidade e de baixo carbono, tendo em mente os teatros de pensamento e de ação de Harvey (2015), é possível entendê-las, agora, como partes diferentes de uma mobilização que deve ser maior. No entanto, sem que haja um projeto comum que as coordene em direção a objetivos também comuns bem delimitados, pouco irão colaborar para que verdadeiras mudanças sociais possam ocorrer.

O modo como Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono foi proposto demanda ações em diferentes frentes para que seja possível, as quais extrapolam os limites da arquitetura e da construção. Trata-se de um projeto que está para além das práticas construtivas em si, que pressupõe um outro arranjo produtivo, bem como uma outra forma de pensar e de conceber as próprias necessidades construtivas. Não será promovida se discutida isoladamente por este campo de ação.

5.7 Agentes e ações necessárias

Olhando mais de perto o setor da construção se faz necessário compreender quais são os seus agentes diretos, para além daqueles de ordem maior. Para esta discussão iremos partir de dois pressupostos: 1)

tal como ponderou Harvey (2015), nenhuma mudança é brusca, mas acontece lentamente, dentro da estrutura social instituída, a partir de brechas e pequenas rupturas; 2) as mudanças na construção civil, particularmente na produção de edificações, deve mobilizar diretamente os agentes de sua extensa cadeia de produção (o *construbusiness*, conforme apresentado no subcapítulo 1.6) os quais, por sua vez, acabam por demandar ações relacionadas à administração pública e à políticas de ensino. Colocando isso em projeção, é possível circunscrever algo como uma necessária "transição sociotécnica" rumo a tecnologias como as TCBC.

Hall e Foxon (2014), ao discutirem maneiras de implementar redes de *smart grids* para a geração de energia nas cidades inglesas, trazem algumas compreensões importantes de serem colocadas aqui: inovações sociotécnicas decorrem de interações causais entre sistemas de tecnologias, instituições, práticas dos usuários, ecossistemas, estratégias de negócios, ou seja, das interações entre o sistema técnico[184] em si e os diferentes agentes implicados em sua real implementação (instituições públicas e privadas, usuários, investidores, trabalhadores, etc.). Sendo assim, sistemas de transição sociotécnica demandam a coevolução simultânea de seus diferentes sistemas, que são interdependentes, para que se tornem persistentes diante daqueles já instituídos.

Aproximando-se de Harvey (2015), os autores colocam a necessidade de gerenciar a transição do atual sistema sociotécnico para outros "mais sustentáveis" sugerindo, para tanto, um projeto comum. Argumentam que duas ou mais entidades munidas de princípios diferentes podem influenciar a evolução de uma outra, alterando suas dinâmicas, criando um efeito em cadeia.

Quais, então, seriam as entidades implicadas numa transição sociotécnica favorável às TCBCs? Quais seriam seus principais agentes e as ações a serem empenhadas? Para vislumbrar este mapa, realizou-se a reorganização dos aspectos prescritivos indicados para cada categoria de análise a partir das dimensões da tecnologia: materiais, ferramentas, trabalho – sempre retomando as definições de Gama (1986) expostas no subcapítulo 1.4.

Na dimensão "material" são consideradas as diferentes matérias e objetos que serão transformados pelo homem em material construtivo. Aqui interessam aspectos relativos à origem do material, à maneira como ele é composto e produzido e algumas características do material final.

[184] Sistema técnico, de acordo com Hall e Foxon (2014) derivam do conjunto de ativos físicos (máquinas, tecnologia da informação e comunicação, ambiente construído) e dos artefatos não-físicos (empresas, regulamentos, práticas sociais e política).

Quadro 38 - Dimensão material, seus agentes e ações.

Princípio	Aspectos a serem considerados
EP	O material não deve possuir toxicidade em sua composição
EP / IHN	Priorizar o uso de materiais reutilizáveis ou reciclados
EP	Material leve, principalmente aqueles utilizados em partes possíveis de serem alteradas / trocadas, de modo a preservar e a não onerar a estrutura principal
EP / IHN	Material de composição simples
EP	Promover o uso adequado dos diferentes materiais construtivos através de detalhamento e especificações construtivas
IHN	Priorizar materiais de fontes renováveis
IHN	Priorizar o uso de materiais biodegradáveis ou que possam ser reintroduzidos de maneira satisfatória no meio ambiente
IHN / ME	Evitar materiais altamente transformados
ME	Reduzir o uso de materiais energo-intensivo
ME / AT	Priorizar o uso de materiais de origem local, ou disponível regionalmente
AT	Desenvolver soluções priorizando resíduos locais
AT / ME	Produzir materiais, componentes e sistemas construtivos adequados às características climáticas locais fazendo uso da menor quantidade de material necessária
TD	Dimensionar o peso dos elementos / componentes e sistemas construtivos de acordo com a capacidade humana de suporte
IHN / RP	Priorizar componentes e sistemas construtivos modulares ou padronizados
IHN	Considerar máximo aproveitamento dos materiais – projetar para que não haja resíduo relacionado ao processo de construção e de demolição
RP	Dimensionar corretamente elementos, componentes e sistemas
RP	Prever a destinação, ou o uso, de resíduos gerados em processos construtivos ou produtivos
RP	Garantir qualidade e desempenho do produto
RP	Eliminar etapas construtivas desnecessárias / dispensáveis

Agentes	Ações
Fabricantes de materiais, componentes e sistemas construtivos	Desenvolvimento e fornecimento de materiais tendo em vista os aspectos elencados: localidade, ausência de toxicidade, ser de fonte renovável, passível de reuso ou reciclagem, pouco transformado, de composição simples, com baixa intensidade de energia incorporada, racionalizado, de alta qualidade e ótimo desempenho
Projetistas (arquitetos e engenheiros da construção)	Especificar e demandar materiais próprios de cada região, seguindo os pressupostos elencados nos "aspectos a serem considerados"; desenvolver elementos e sistemas construtivos propícios a ações de montagem e desmontagem, dimensionados fazendo o melhor uso de todos os materiais e de acordo com a capacidade humana de trabalho
Empresas demolidoras	Executar serviços de demolição não destrutiva; criar cadeia de fornecimento de materiais reutilizados
Pesquisadores / universidades / laboratórios de ensaio	Desenvolver e / ou aprimorar materiais, elementos e sistemas construtivos considerando os aspectos

	elencados acima; difundir possibilidades e modos de execução; compartilhar resultados
Instituições de ensino	Ensinar / educar / formar profissionais conscientes e capacitados tendo em vista os princípios elencados; desenvolver, em conjunto com diferentes agentes, novas possibilidades; criar espaços de criação e de experimentação propiciadoras de novas "situcionalidades"
Organismos de certificação	Certificar a qualidade do material, elementos e sistemas construtivos e estabelecer normatização
Poder público (administração municipal, estadual, federal)	Criar mecanismos que garantam opções e estimulem novas práticas de uso de materiais (leis, códigos de obra, incentivos fiscais, financiamento de pesquisa); financiar pesquisas alinhadas com os princípios listados; criar espaços de experimentação e fruição; promover educação universal conscientizando sobre a atual condição humana
Investidores / clientes / usuários	Ter consciência da escolha e demandar soluções; financiar obras onde se apliquem materiais alinhados aos princípios TCBC; difundir experiências e compartilhar aprendizados
Agentes financeiros	Ampliar a gama de materiais e sistemas passíveis de financiamento, reduzindo a burocracia da indicação, mas exigindo a qualidade e o desempenho adequado; financiar pesquisa
Seguradoras e resseguradoras	Ampliar a gama de materiais e sistemas passíveis de seguridade, reduzindo a burocracia da indicação, mas exigindo a qualidade e o desempenho adequado

Fonte: Autora, 2022. Legenda: EP – edificação permanente; IHN – integração homem-natureza; ME – menos energia; AT – autocentramento; TD – trabalho desalienado; RP – racionalidade produtiva.

Na dimensão "meios de trabalho" / "ferramentas" é considerado o instrumental de trabalho, assim como as diferentes formas de energia e o conhecimento sobre os instrumentos, utensílios, ferramentas e máquinas.

Quadro 39 – Dimensão meios de produção / ferramentas, seus agentes e ações.

Princípio	**Aspectos a serem considerados**
EP / AT /	Optar por ferramentas manipuláveis em ambientes pequenos
EP / AT	Optar por ferramentas acessíveis e de custo reduzido
TD /	Ferramentas simples, acessíveis, de fácil manejo e aprendizado
TD	Unidade de produção simples
RP	Optar por maquinários pequenos, com menor gasto energético
ME	Priorizar o uso de fontes renováveis de energia durante o processo produtivo
ME	Priorizar o uso de máquinas e equipamentos de alta eficiência energética
AT	Priorizar a apropriação de espaços de uso múltiplo onde seja possível compartilhar ferramentas e maquinários

Agentes	Ações
Fabricantes de máquinas e ferramentas	Desenvolvimento e fornecimento de máquinas e ferramentas alinhados com os princípios propostos por TCBC – acesso, peso, custo, dimensão, simplicidade
Empresas de projeto (arquitetos e engenheiros da construção)	Especificar e demandar ferramentas e maquinários a partir dos sistemas construtivos escolhidos
Pesquisadores / universidades / laboratórios de ensaio	Desenvolver ou aprimorar equipamentos e ferramentas
Instituições de ensino	Ensinar / educar / formar profissionais capacitados
Organismos de certificação	Certificar a qualidade do ferramental e estabelecer normatização
Poder público (administração municipal, estadual, federal)	Criar mecanismos que garantam opções e estimulem novas práticas (leis, códigos de obra, incentivos, créditos); promover e financiar pesquisa; promover e estimular espaços de múltiplos usos onde seja possível juntar diferentes profissionais
Investidores / clientes / usuários	Ter consciência da escolha e demandar soluções; financiar obras alinhadas aos princípios elencados
Cooperativas / Empresas construtoras / trabalhadores em geral	Adquirir, capacitar e utilizar os equipamentos; criar espaços de cooperação, troca e compartilhamento de ferramentas, máquinas e equipamentos;
Empresas de manutenção predial	Adquirir, capacitar e utilizar os equipamentos
Agentes financeiros	Prover crédito para acesso a ferramentas e maquinários

Fonte: Autora, 2022. Legenda: EP – edificação permanente; AT – autocentramento; TD – trabalho desalienado; RP – racionalidade produtiva; ME – menos energia.

Quando se trata da dimensão "trabalho" o foco é deslocado para questões como movimentos, gestos e atitudes de trabalho, questões relativas ao tempo de trabalho (a organização científica ou racional deste), além das formas organizacionais - a divisão do trabalho e a relação entre trabalhadores no processo de produção. Pressupõe ainda questões relativas à transmissão de conhecimento e das habilidades, seja por meio do sistema escolarizado ou de aprendizagem, ou as estruturas de controle e gestão do processo e do trabalho.

Quadro 40 – Dimensão trabalho, seus agentes e ações.

Princípio	Aspectos a serem considerados
EP	Organizar os diferentes sistemas e subsistemas construtivos, se possível, de forma independente, facilitando ações de reforma / manutenção
EP	Projetar conexões visíveis e acessíveis aos trabalhadores
EP	Promover a capacitação, com transferência de conhecimento, do trabalhador
EP	Respeitar as especificações de projeto
TD	Simplicidade técnica / construtibilidade: de ferramentas e maquinários, de execução, reparo e reforma, de fácil aprendizado, apropriáveis a diferentes níveis de habilidade e de formação
TD	Aprendizado na prática / relação mais horizontal entre os diferentes trabalhadores da

	construção civil
TD	Substituir ferramentas de controle por formação e instrução do trabalhador
AT	Fomentar práticas e inteligências locais por meio de experimentação
AT	Estabelecer espaços dialógicos, participativos e coletivos para a discussão do projeto de tecnologia
RP	Prever a interface entre diferentes elementos, sistemas e subsistemas construtivos
RP	Reduzir os esforços do trabalho: a fim de otimizar e preservar a mão de obra
RP	Organizar o canteiro de obras: reduzindo distâncias a serem percorridas pelos trabalhadores, organizando os materiais, planejando equipes e etapas de trabalho, otimizando espaços para o uso maquinários e ferramentas;
RP	Garantir a assertividade do trabalho / qualidade da construção: visando eliminar etapas de reparo e / ou maquiagem utilizada para esconder erros de construção
RP	Organizar processo de trabalho e de produção: utilizar ferramentas adequadas e bem adaptadas ao trabalho e ao trabalhador; garantir segurança do trabalho; correto abastecimento de insumos para a produção, organização das etapas; organização do canteiro para o correto desenvolvimento das atividades.
RP	Capacitar, formar e treinar mão de obra: quanto maior o aprendizado do trabalhador, maior sua desenvoltura na execução de um trabalho / serviço / tarefa.
RP	Estabelecer práticas dialógicas de trabalho: fortalecendo e valorizando os saberes e habilidades dos diferentes profissionais envolvidos;
RP	Promover práticas coletivas de organização do trabalho
RP	Organizar espaços de aprendizagem e troca de saber e saber-fazer

Agentes	**Ações**
Fabricantes de materiais, componentes e sistemas construtivos	Desenvolvimento e fornecimento de materiais compatíveis com a capacidade humana de carga e passíveis de ampliação / reforma
Fabricantes de máquinas e ferramentas	Desenvolvimento e fornecimento de máquinas e ferramentas alinhadas aos princípios TCBC
Empresas de projeto (arquitetos e engenheiros da construção)	Especificar e desenvolver processos produtivos alinhados aos aspectos elencados; criar espaços de integração e troca entre os diferentes profissionais envolvidos; compartilhar experiências e resultados
Pesquisadores / universidades / laboratórios de ensaio	Desenvolver ou aprimorar processos produtivos; criar espaços de experiências, trocas e formação; compartilhar resultados
Instituições de ensino (universidades, escolas técnicas)	Ensinar / educar / formar profissionais conscientes e capacitados tendo em vista os princípios elencados; desenvolver, em conjunto com diferentes agentes, novas possibilidades; criar espaços de criação e de experimentação; articular experiências e agentes
Entidades de classe (CAU, CREA, IAB, Sindicatos)	Divulgar e fomentar novas formas de organização do trabalho; criar espaços de formação e de trocas; financiar experiências; estimular a articulação dos diferentes agentes implicados na produção do ambiente
Incubadoras tecnológicas	Divulgar e fomentar novas formas de organização do trabalho; criar espaços de formação e de trocas

Poder público (administração municipal, estadual, federal)	Criar mecanismos que garantam opções e estimulem novas práticas (leis, códigos de obra, incentivos, créditos); promover e financiar pesquisa; promover e financiar formas diversas de organização do trabalho para a produção de edificações, como aquelas realizadas por cooperativas; criar espaços de formação e de articulação entre diferentes profissionais
Investidores / clientes / usuários	Ter consciência da escolha e demandar soluções; optar e financiar processos produtivos e de organização do trabalho alinhados aos princípios de TCBC
Cooperativas / Empresas construtoras / trabalhadores em geral	Organizar processos produtivos, capacitar trabalhadores; criar espaços de trocas e de aprendizados

Fonte: Autora, 2022. Legenda: EP – edificação permanente; TD – trabalho desalienado; AT – autocentramento; RP – racionalidade produtiva;

Os quadros 38, 39 e 40 revelam o tamanho do desafio colocado para o desenvolvimento de TCBCs ao apresentar a quantidade de agentes envolvidos em cada uma das dimensões aqui tratadas. E, caso seja aberta a "caixa" de cada um destes agentes será possível vislumbrar ainda mais profissionais, todos interconectados em uma enorme rede. Para que TCBC seja uma opção é necessário o empenho de todos eles, imbuídos dos princípios aqui elencados em torno de um projeto comum do qual resultam soluções que são de caráter regional, plural e diversificado por essência.

5.8 Especulação: A universidade como espaço privilegiado para experimentações

Tendo em vista a posicionalidade desta pesquisa e de suas pesquisadoras, não seria possível evitar um olhar mais detalhado para a própria universidade pública. Por isso, este item aqui descrito, ora colocado enquanto uma especulação viável para a introdução, desenvolvimento e difusão de TCBCs.

Marilena Chauí (2003) argumenta que as formas de ação da universidade pública estão em disputa e exprimem o modo de funcionamento da sociedade como um todo. Persiste, ainda que recorrentemente contestada[185], como uma instituição social autônoma diferenciada, o que quer dizer que pode se relacionar de maneira conflituosa e crítica com a sociedade e com o Estado, mantendo em seu interior

[185] Isso porque tem havido um processo de transformação das universidades públicas brasileiras de instituições para organizações. Para Chauí (2003) esta mudança é significativa, representando a transformação das universidades de espaços universais de pensamento crítico e de construção em espaços operacionais submetidos à lógica da produtividade e da eficácia organizacional. Entre outros, quando isso acontece, a educação deixa de ser um direito humano fundamental (lógica de uma instituição social, como vimos com Harvey (2015)) para se tornar um serviço a ser ofertado para aqueles que podem pagar por ele. A universidade passa a ser uma prestadora de serviços e, como tal, assume a lógica de mercado para sua própria sobrevivência, e já não atende os mesmos princípios de sua fundação.

diferentes posicionamentos[186].

A universidade pública e democrática não deveria apenas transmitir conhecimentos, ser espaço de reflexão sobre a realidade, sobre a luta de classes, mas compreender que ela é parte desta disputa (CHAUÍ, 2017) – seja para a formação de pessoas, seja no desenvolvimento de ciência e tecnologia. E, sendo assim, como uma instituição pública financiada por toda a sociedade, para Chauí (2003), a ação destas universidades deveria ser direcionada ao atendimento dos interesses legítimos dos cidadãos, a fim de assegurar seus direitos, e não aos interesses do capital.

E, neste sentido, a sua função de formação assumiria caráter fundante. Não se trata apenas da formação técnica, voltada a ofícios particulares, mas formação como reflexão embasada sobre as questões do presente tendo em vista a sua relação com o passado. Formação, para a autora, significa "[...] introduzir alguém ao passado de sua cultura (no sentido antropológico do termo, isto é, como ordem simbólica ou de relação com o ausente), é despertar alguém para as questões que esse passado engendra para o presente, e é estimular a passagem do instituído ao instituinte (CHAUÍ, 2003, p. 12). E mais:

> Podemos dizer que há formação quando há obra de pensamento e que há obra de pensamento quando o presente é apreendido como aquilo que exige de nós o trabalho da interrogação, da reflexão e da crítica, de tal maneira que nos tornamos capazes de elevar ao plano do conceito o que foi experimentado como questão, pergunta, problema, dificuldade (CHAUÍ, 2003, p. 12).

Sendo assim, e assumindo esta postura, a universidade pública se torna espaço privilegiado de pensamento e de ação podendo atuar fortemente nos teatros proposto por Harvey (2015). E aqui é importante reforçar o caráter a ser assumido pela universidade: não como guardiã de um conhecimento consolidado, a ser distribuído hierarquicamente mediante transmissão rápida, mas como espaço de construção, de diversidade, de diálogos, de multiplicação e não de monopólio. Desta forma, pode-se vislumbrar os três primeiro teatros de pensamento e ação em movimento reforçando o caráter da universidade enquanto instituição.

Retomar este caráter da universidade também exige ação social visto que elas têm se tornado, cada vez mais, organização prestadora de serviço. Essa mudança é fruto da lógica produtivista que tem transformado direitos sociais em mercadorias, direitos que passaram a ser entendidos enquanto gasto público e não enquanto investimento social, o que acaba por direcionar o interesse de suas linhas de pesquisa e de ação (CHAUÍ, 2003). Alterar esta lógica deve ser parte das reivindicações.

Entre elas, um importante apontamento feito por Chauí (2003), consiste em orientar os rumos das pesquisas segundo a ideia de cidadania, qual seja, definir linhas e temas de pesquisa a partir das

---

[186] Cabe ressaltar, tal como argumenta Chauí (2003), que a pluralidade de pensamentos e de posicionamentos existentes na universidade só é possível em um regime de Estado republicano e democrático.

capacidades e das necessidades regionais, articuladas a cursos de extensão ou serviços especializados, se possível em parceria com movimentos sociais. Pesquisas para o desenvolvimento de TCBCs podem ser enriquecidas por esta abordagem, sendo o autocentramento uma das condições que definem o próprio termo. TCBC também pressupõe a criação conjunta de soluções (autocentramento, poder popular, trabalho desalienado) possíveis de serem colocadas à prova pela indissociável interação entre pesquisadores e sociedade / comunidades.

Sendo assim, TCBCs poderiam ser promovidos a partir das seguintes ações alavancadas pelas universidades, especificamente por seus cursos e pesquisas:

- Promovendo experiências integradas de ensino, pesquisa e extensão, incorporando a sociedade e suas reivindicações para o desenvolvimento de TCBCs (produtos e processos);
- Organizando processos de pesquisa que possibilitem testar a teoria na prática;
- Articulando, nestas experiências, diferentes áreas do conhecimento, a depender do problema a ser resolvido. TCBC não deve ser promovido apenas por arquitetos;
- Criando espaços de experimentação prática, de articulação universidade-sociedade para o desenvolvimento, execução, avaliação, reformulação de TCBCs, criando espaços onde seja possível sentir outras “posicionalidade”;
- Disputando fomentos de pesquisa e de ação;
- Promovendo outras formas de ensino que não apenas o formal em espaços restritos às universidades;
- Criando mostruários, fomentando experiências que extrapolem os muros das instituições;
- Articulando com as entidades representativas da sociedade demandando e orientando ações.

A Universidade assume um importante espaço do pensar, do sentir, do imaginar, podendo abrir margens para outras articulações, cumprindo, assim, sua responsabilidade social. Um passo adiante implica em transformar experiências em projetos políticos a serem submetidos e disputados em instâncias superiores do Estado, como diretrizes, planos, projetos, normas (de ensino, de desenvolvimento de tecnologias, de sistemas construtivos, etc.).

Diante desta discussão, para a difusão de TCBCs, deve-se atuar, principalmente, em três frentes:

1) Na organização e na mobilização social: em diferentes instâncias e grupos voltados a uma mudança sociocultural. Como pesquisadores e professores implica disputar e instituir disciplinas e linhas de pesquisa que discutam, desenvolvam e difundam TCBC;
2) Tendo a universidade a favor da construção (coletiva) e da difusão de novas tecnologias: através de sua articulação com demandas sociais, seja de movimentos organizados ou instâncias

representativas, como prefeituras; pelo ensino tecnológico teórico e prático realizado de forma indissociável;

3) Na construção de políticas públicas que discutam desde a formação intelectual e profissional, o desenvolvimento de produtos e processos construtivos, e possibilidades de arranjos produtivos – seja na forma de leis, diretrizes, planos de ação, normas técnicas etc.

É importante reforçar que este é apenas um dos caminhos vislumbrados para uma ação voltada a mudança social. E, mais uma vez, apesar de sua importância, ele não será capaz de mobilizar novas possibilidades sem a ação conjunta de outros importantes agentes sociais e da cadeia de produção da construção civil.

Considerações finais

Esta tese se propôs a conceber e a caracterizar Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono – TCBC. A problemática que enfrentou discute modos de reduzir a emissão de gases de efeito estufa provenientes dos processos produtivos relacionados a arquitetura e a construção civil para diminuir a contribuição do setor para o aquecimento global e as mudanças climáticas. Se, quando iniciado este trabalho, em 2016, havia mais dúvidas do que certezas, hoje os dados coletados e analisados pelo IPCC (2021) apontam que o aumento de 1,5°C na média da temperatura terrestre é uma certeza. O *Sixth Assessment Report – Working Group II Impacts, Adaptation and Vulnerability* declarou que estamos num *timing point* em relação ao aquecimento global. Os efeitos das mudanças climáticas não são mais uma discussão sobre o futuro, elas estão acontecendo agora. E, ainda que a humanidade inicie hoje ações realmente comprometidas com a redução das emissões, os efeitos deste aquecimento serão sentidos durante todo o século XXI, comprometendo a existência de todas as formas de vida existentes no planeta (IPCC, 2022). Mudar a relação humana com o mundo para o atendimento às suas necessidades é urgente, assim como revisar quais são as suas demandas genuínas.

Apesar disso, vivemos em uma época em que a crença na criatividade humana nos dá a falsa sensação de segurança. Ainda que exista certa desconfiança sobre as invenções e os efeitos colaterais advindos do seu emprego, a imagem que prevalece é da humanidade que supera as adversidades pelo uso de sua inteligência, assim como retrata tantos filmes contemporâneos, revelando a fé empenhada no desenvolvimento de novas tecnologias. Este posicionamento, no presente, contribui para que as reais causas do aquecimento global não sejam questionadas ou discutidas, e as soluções propostas, no mais das vezes, transformadas em novas oportunidades de expansão do sistema socioeconômico.

O atual modo de produção capitalista determina a relação humana com a natureza e entre os seres humanos, explorando ao máximo o trabalho e a natureza a favor da expansão e do aumento da produção e do consumo de bens materiais. Conforme discutido por esta tese, esta exploração deixou de considerar as necessidades fundamentalmente humanas a favor das de mercado, da manutenção dos negócios. Bem-estar humano universal[187], preservação do meio ambiente, proteção às demais formas de vida são

[187] O bem-estar universal, entendido como acesso igualitário ou suficiente às benesses do desenvolvimento, nunca foi uma questão. Mas, com o capitalismo moderno, pós Segunda Guerra Mundial, foi mote para a adesão à ideia do desenvolvimento

questões secundárias, imperando uma estrutura de poder que favorece os interesses dos donos de grandes conglomerados empresariais e seus acionistas. O compromisso é com o dinheiro que movimenta a economia do mundo, a despeito de sua origem ou de suas implicações. A inovação tecnológica torna-se um fim em si mesmo.

Neste sentido, conceber outras formas de relação humana com o mundo (a natureza em sua totalidade e o ser humano como uma de suas partes indissociáveis; e entre os seres humanos) para o atendimento às necessidades humanas, em especial de edificações, é fundamental e isso não seria possível sem questionar o modo de produção capitalista. A proposição de TCBC parte desta análise ampliada levantando ações que colaboram para os impactos negativos da arquitetura e da construção civil e propondo outros caminhos a partir das indicações da literatura sobre tecnologia, sustentabilidade e baixo carbono. O resultado deste processo foi a definição dos sete princípios que compõem o conceito de TCBC, cumprindo o objetivo estabelecido por esta tese.

A discussão de TCBC propõe que novas tecnologias construtivas sejam desenvolvidas considerando aspectos diversos daqueles defendidos pela atual estrutura de desenvolvimento tecnológico, a saber:

- Preza pela permanência das edificações, seu máximo uso durante o maior tempo possível, exigindo soluções construtivas de alto desempenho, passíveis de reformas e de adequações;
- Estimula o trabalho desalienado, o que implica em compartilhar o conhecimento entre todos os trabalhadores envolvidos em um processo produtivo, visando a sua autonomia e a multiplicação das formas de fazer;
- Reforça a necessidade de repensar a relação entre o homem e a natureza, entendendo a condição humana como associada umbilicalmente à natureza. A natureza não é algo externo ao homem, um objeto a ser apropriado e explorado, mas um todo do qual o homem faz parte;
- Estimula a redução do consumo de energia, em especial a de origem fóssil, principalmente pela proposição de processos produtivos menos dependentes de energia;
- Refuta a universalização de soluções e a centralização dos conhecimentos e dos meios de produção a favor da diversidade, da multiculturalidade, da pulverização de soluções a depender das particularidades dos diferentes territórios e conjunto de pessoas;
- Preza pela racionalidade produtiva a fim de reduzir o consumo de recursos (materiais, energéticos) e evitar desperdícios;
- Promove e é resultado de decisões compartilhadas entre os envolvidos na concepção, na produção e no uso das tecnologias construtivas.

---

através do crescimento da economia, como nos explica Kallis *et al*. (2018) e W. Sachs (1996) tendo como seu porta-voz o então presidente dos EUA, Harry Truman (1945 – 1953).

Desta forma, Tecnologia Construtiva de Baixo Carbono é aquela que reduz as emissões de carbono dos processos produtivos a partir do seu rearranjo, não sem antes ponderar sobre a necessidade de nova produção e não apenas melhorando a eficiência de suas diferentes etapas. Atende, ademais, a outro objetivo primordial: promover novas relações com o trabalho, com a terra e o território, com a natureza, com o conhecimento e com as formas de decidir e de se relacionar a favor da melhora universal da qualidade de vida das pessoas, alcançada mediante formas mais igualitárias, acessíveis e plurais de reprodução material e social.

Tendo em vista o caráter determinante das decisões, compete a todos os agentes da enorme cadeia produtiva da construção civil assumir, desenvolver e difundir TCBCs assumindo, para tanto, os princípios que definem, por ora, tais tecnologias. Trata-se de um enorme desafio.

Notas finais

Ainda que se trate de uma proposta acadêmica, é fundamental que parte da universidade se debruce sobre novos imaginários "sociotecnológicos" possíveis. A proposta aqui delineada de TCBC é apenas um *início* para discussões, definição de ações a serem testadas, avaliadas e reajustadas. Trata-se de um trabalho realizado sob um único olhar – apesar de juntar diversos autores para o diálogo, apesar da orientação e das discussões realizada em conjunto com o grupo de pesquisa. Desta forma, é fundamental promover seu refinamento, mas principalmente colocá-lo a prova através de práticas vivenciais, já que a teoria dá pistas para a ação, mas é a ação que aprimora, apura a teoria e cria caminhos viáveis à sua aplicação (FERRO, 2020).

Desta forma, como continuidade para esta pesquisa, seria necessário o início do desenvolvimento de tecnologias construtivas a partir dos princípios propostos, o que não será possível sem a articulação de pesquisadores com a sociedade e com realidades sociais e territoriais específicas.

Outra ação importante seria mapear experiências construtivas que se aproximam do conceito proposto por esta tese, avaliando seus resultados, mapeando suas condições e os seus limites, como uma primeira prova de sua possibilidade.

Não menos importante seria aplicar ferramentas de ACV CO_2 nos exemplos elencados como forma de avaliar qualitativamente as propostas e, ao mesmo tempo, ponderar sobre as características não consideradas pela ferramenta, a fim de propor sua readequação.

Referências bibliográficas[188]

ABIKO, Alex K. Capítulo II – A dimensão organizacional da construção civil. In: ABIKO, A. K. et al. (orgs). **Setor de construção civil**. Segmento de edificações. Série Estudos Setoriais. Brasília: SENAI / DN, 2005, p. 71 – 124.

ABRAMOVAY, R. Bem-vindo ao mundo da controvérsia. In: VEIGA, J. E. **Transgênicos Sementes da Discórdia**. São Paulo: SENAC, 2007, p. 129-168.

ACOSTA, Alberto. **O bem viver: uma oportunidade para imaginar outros mundos.** São Paulo: Autonomia Literária, Elefante, 2016.

ACSELRAD, Henri. Desenvolvimento sustentável: a luta por um conceito. **Proposta – Revista de debates trimestral da FASE**, nº 56, Ano XVII, Março 1993, p. 5-8.

ACSELRAD, Henri. Justiça ambiental e construção social do risco. **Desenvolvimento e Meio Ambiente,** Editora UFPR. n. 5, jan./jun. 2002, p. 49-60. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/dma.v5i0.22116.

ADEODATO, Sérgio; VILLELA, Malu; BETIOL, Luciana S.; MONZONI, Mario. **Madeira de ponta a ponta: o caminho desde a floresta até o consumo**. 1ª. ed. São Paulo: FGV RAE, 2011.

AFLALO, Marcelo. **Estruturas em Madeira**: forma e método. 2020. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Série Sustentabilidade, volume 5. São Paulo: Blucher, 2011.

AGUIRRE, Alberto B.; HENNIES, Wildor T. Logística para agregados (brita e areia) em grandes centros urbanos. **Rem: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 639 - 643, out. / dez. 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S0370-44672010000400007. Acesso em: jul. 2021.

ALBUQUERQUE, I.; ALENCAR, A.; ANGELO, C.; AZEVEDE, T.; BARCELLOS, F.; COLUNA, I.; COSTA JUNIOR, C.; CREMER, M.; PIATTO, M.; POTENZA, R.; QUINTANA, G.; SHIMBO, J.; TSAI, D.; ZIMBRES, B. **SEEG 8: Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019**. Observatório do Clima, 2020. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf. Acesso em: nov. 2020.

ALVES, José E. D. O Paradoxo de Jevons e a questão da eficiência. **Ecodebate** (recurso digital), 29 fev. 2012. Disponível em: https://www.ecodebate.com.br/2012/02/29/o-paradoxo-de-jevons-e-a-questao-da-eficiencia-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/. Acesso em 11 out. 2021.

AMANCIO, Rosa C. A.; FABRICIO, Marcio M. Avaliação técnica do produto de construção inovador: contexto brasileiro e internacional. In: FABRICIO, Marcia M.; ONO, Rosaria (orgs). **Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: manutenção e percepção dos usuários.** Porto Alegre: ANTAC, 2015, p. 13 – 26. Disponível em: https://4fd39cb9-f970-449e-9f86-ab877a1d15d6.filesusr.com/ugd/d804db_603f57d0b3b74e9d8f5ac32f1ba4deff.pdf. Acesso em: 15 maio 2018.

[188] De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

ANDRIOLI, A. I. A atualidade do marxismo para o debate ambiental. **Revista Espaço Acadêmico**, nº 98, Julho de 2009, Ano IX, p.01 - 08. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/7542. Acesso em: 16 maio 2021.

ANGELO, C. **A espiral da morte**. São Paulo: Companhia das letras, 2016.

ANGELO, C.; RITTL, C. **SEEG 2019: Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil 1970-2018**. Relatório Síntese. Observatório do Clima, 2019. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_7/SEEG7_DDC_Analitico_1990-2018.pdf. Acesso em: jan. 2020.

APRILANTI, M. D. **A experimentação construtiva em madeira como instrumento de ensino-aprendizagem nas escolas de arquitetura.** 2019. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

ARTHUR, W. Brian. **The nature of technology**. New York: Free Press, 2009.

ASARA, V.; OTERO, I.; DEMARIA, F. *et al*. Socially sustainable degrowth as a social–ecological transformation: repoliticizing sustainability. **Sustainability Science,** volume 10, p. 375–384, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s11625-015-0321-9. Acesso em: 09 jun. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios de estrutura. 2001, 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: Paredes de concreto moldadas no local para a construção de edificações. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais – desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BAEK, C.; PARK, S.; SUZUKI, M.; LEE, S. Life cycle carbon dioxide assessment tool for buildings in the schematic design phase. **Energy and Buildings**, v. 61, p. 275 - 287, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.025. Acesso em: 06 jun. 2021.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011.

BARATELLA, Paula R. M**. Análise do desenvolvimento de indicadores para a avaliação de sustentabilidade de edifícios brasileiros**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258516. Acesso em: 24 fev. 2021.

BARAVELLI, José E. **Trabalho e tecnologia no programa MCMV**. 2014. Tese (Doutorado em Habitat) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. DOI: 10.11606/T.16.2014.tde-17062015-102658. Acesso em: 31 ago. 2017.

BARBHUIYA, S.; BARBHUIYA, S.; NIKRAZ, H. Adaptation to the Future Climate: A Low Carbon Building Design Challenge. **Procedia Engineering**, v. 51, p. 194 - 199, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.028. Acesso em: 6 jun. 2021.

BARRIENTOS, Maria I. G. G. **Retrofit de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais**. 2004. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: 2004.

BARROS, Mércia M. B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. 1996. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BERALDO, Antonio L.; AZZINI, Anísio; GHAVAMI, Khosrow; PEREIRA, Marco A. R. Bambu: características e aplicações. In: FREIRE, Wesley J.; BERALDO, Antonio L. (coord.). **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2003, p. 253 – 300.

BISSOLI-DALVI, Márcia. **ISMAS: a sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais**. 2014. Tese (Doctorado em Arquitectura y Urbanismo). Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, Universidad del Bío-Bío, Concepción/ Chile, 2014.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é, o que não é**. 4ª ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2015.

BONAIUTI, Mauro. Bioeconomia. In: D'ALISA, G.; DEMARIA, F.; KALLIS, G. (org.). **Decrescimento: vocabulário para um novo mundo**. Porto Alegre: Tomo Editorial, 2016, p. 49-52.

BOULDING, Kenneth E. **The Economics of the Coming Spaceship Earth**. John Hopkins University Press, Baltimore, 1966, pp. 3-14. Disponível em: http://arachnid.biosci.utexas.edu/courses/THOC/Readings/Boulding_SpaceshipEarth.pdf. Acesso: out. 2021.

BRANDÃO, D. Q. **Diversidade e potencial de flexibilidade de arranjos espaciais de apartamentos: uma análise do produto imobiliário brasileiro**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BRANDÃO, D. Q.; HEINECK, L. F. M. Significado multidimensional e dinâmico do morar: compreendendo as modificações na fase de uso e propondo flexibilidade nas habitações sociais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 35 - 48, out./dez. 2003. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3504. Acesso em 22 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Estado do Planejamento e Orçamento. **Portaria nº134, de 18 de Dezembro de 1998**. Institui o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional – PBPQ-H. Disponível em: http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php. Acesso em: maio 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento MAPA, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**. Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: MAPA/ACS, 2012.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018**. Dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. Brasília: Presidência da República, Casa Civil, 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm#art25. Acesso em: jun. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, Casa Civil, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm. Acesso em: 16 nov. 2021.

BRASIL. Secretaria de Planejamento e Investimentos estratégicos. **Plano plurianual 2004-2007: projeto de lei**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. Brasília: MP, 2003. Disponível em: http://www2.camara.leg.br/orcamento-da-uniao/leis-orcamentarias/ppa/2004-2007/ppa-2004-2007/proposta/anexo1.PDF. Acesso em: maio 2018.

BRASIL. **O Futuro que queremos**. Declaração final da Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável. 2012. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/O-Futuro-que-queremos1.pdf. Acesso em: set. 2015.

BRESSER-PEREIRA, Luiz C. Ignacy Sachs e a nave espacial Terra. **Revista de Economia Política**, v. 33, n. 2, p. 360-366, abril-junho/2013. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rep/v33n2/a10v33n2.pdf. Acesso em 08 jan. 2020.

BRULLE, R. J. Networks of Opposition: A Structural Analysis of U.S. Climate Change Countermovement Coalitions 1989–2015. **Sociological Inquiry**, v. 91, issue 3, 2019, pp. 603-624. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/soin.12333>. Acesso em jan. 2020.

BRUNA, Paulo J. V. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento**. Coleção Debates. São Paulo: Editora Perspectiva, 2002.

BUENO, C. **Avalição de ciclo de vida na construção civil: Análise de sensibilidade**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

BUENO, C.; ROSSIGNOLO, J. A. Análise dos sistemas de certificação ambiental de edifícios residenciais no contexto brasileiro. **Risco**, São Carlos, 17, 2013, p.6-22. DOI: https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v0i17p6-22. Acesso em: fev. 2021.

CABEZA, Luisa F.; BARRENECHE, Camila; MIRÓ, Laia; MORERA, Josep M.; BARTOLÍ, Esther, A.; FERNÁNDEZ, Inés. Low carbon and low embodied energy materials in buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 536 – 542, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.017. Acesso em: 20 mar. 2021.

CAMPOS, Elisa. O Brasil encara seus recursos naturais como algo que pode ser liquidado para fazer dinheiro rápido. Entrevista com Mathis Wackernagel em 03/07/2017. **Revista Época**, Editora Globo, [*S.l.*], 2017. Seção Negócios. Disponível em: https://epocanegocios.globo.com/Economia/noticia/2017/07/o-br asil-encara-seus-recursos-naturais-como-algo-que-pode-ser-liquidado-para-fazer-dinheiro-rapido.html?utm_content=bufferdab76&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer. Acesso em: 06 jul. 2017.

CÂNDIDO. Stella O. **Entre o discurso e a prática: o mi(n)to da arquitetura sustentável**. 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

CARSON, Rachel. **Primavera Silenciosa**. São Paulo: Editora Gaia, 2010.

CASTRO, Josué. El subdesarrollo, primera causa de contaminación. In: UNESCO. **El Correo**, año XXVI, enero 1973, pp. 20-24.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

CECHIN, Andrei D. **Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema?** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Programa de Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CHAUÍ, Marilena. A universidade pública sob nova perspectiva. **Revista Brasileira de Educação** [online], n. 24, 2003, p. 5-15. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000300002. Acesso em 15 maio 2022.

CHAUÍ, Marilena. Universidades devem entender que fazem parte da luta de classes. Entrevista a Fania Rodrigues. **Brasil de Fato**, 04 de abril de 2017. Rio de Janeiro. Disponível em:

https://www.brasildefatorj.com.br/2017/04/04/marilena-chaui-universidades-devem-entender-que-fazem-parte-da-luta-de-classe#:~:text=A%20universidade%20n%C3%A3o%20pode%20ser,a%20favor%20da%20classe%20dominante. Acesso em: 15 maio 2022.

CHEMILLIER, P. **Industrialización de la construcción: Los procesos tecnológicos y su futuro**. Barcelona: Editores Técnicos Associados, 1980.

CHEN, G. Q.; CHEN, H.; CHEN, Z. M.; ZHANG, Bo; SHAO, L.; GUO, S.; ZHOU, S. Y.; JIANG, M. M. Low-carbon building assessment and multi-scale input–output analysis. **Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation**, v. 16, issue 1, p. 583 – 595, 2011. ISSN 1007-5704. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2010.02.026. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1007570410001231. Acesso em: 06 jun. 2021.

CHEN, L.; PAN, W. BIM-aided variable fuzzy multi-criteria decision making of low-carbon building measures selection. **Sustainable Cities and Society**, v. 27, p. 222 – 232, 2016. ISSN 2210-6707. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.008. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670716300610. Acesso em: 19 fev. 2018.

CHILETTO, Tatiana de O. **Habitações em Madeira:** Investigação do Cross-Laminated Timber como alternativa para o morar sustentável no Brasil. 2022. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

CIMENTO.ORG. Cimento no Brasil. **Cimento.org**, Brasília, 2020. Disponível em: https://cimento.org/cimento-no-brasil/. Acesso em: abr. 2020.

CLARKE, B. Briefing: Carbon critical design. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Engineering Sustainability**, v. 163, Issue 2, p. 57 – 59, June 2010. DOI: https://doi.org/10.1680/ensu.2010.163.2.57. Acesso em: 06 fev. 2018.

COLACIOS, Roger D. **Um clima de incertezas: as controvérsias científicas sobre mudanças climáticas nas revistas Science e Nature** *(1970 – 2005)*. 2014. Tese (Doutorado em História Social) - Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CMMAD. **Nosso futuro comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Mudança do clima e indústria brasileira: iniciativas e recomendações estratégicas para implementação e financiamento da NDC do Brasil.** Brasília: CNI, 2018. Disponível em: https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/6/mudanca-do-clima-e-industria-brasileirainiciativas-e-recomendacoes-estrategicas-para-implementacao-e-financiamento-da-ndc-do-brasil/. Acesso em: 22 set. 2020.

CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT - CIB. **Agenda 21 on sustainable construction**. *CIB Report Publication*, 237. July 1999.

CONTI, José Bueno. Considerações sobre as mudanças climáticas. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, v.16, p. 70 a 77, 2005. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/rdg/issue/view/3932. Acesso em: mar. 2016.

CORBA BARRETO, Mauricio G. **Por que duas casas ficam em pé e uma cai? Estudo multicaso do processo construtivo de três habitações sociais em adobe nos Assentamentos Rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju – SP – Brasil.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

COUTO, Armanda B.; COUTO, J.; TEIXEIRA, J. M. Desconstrução: uma ferramenta para a sustentabilidade da construção. In: Seminário Brasileiro da Gestão do Processo de Projecto na Construção de Edifícios, 6. **Anais** [...]. São Paulo: NUTAU, 2006. Disponível em: http://hdl.handle.net/1822/6792. Acesso em jun. 2020.

DALY, Herman E. Crescimento se tornou antieconômico. Entrevista a Edson Porto. **Revista Época Negócios**, 07 de julho de 2010. Disponível em: http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,EMI151601-16381,00-CRESCIMENTO+SE+TORNOU+ANTIECONOMICO+DIZ+HERMAN+DALY+PAI+DA+ECONOMIA+ECOLOGI.html. Acesso em: jan. 2020.

DALY, Herman E. La economía del estado estacionario. **Demografia y economía**, v. 8, n. 3, 1974, p. 357 – 365. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/40593574?seq=1#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 10 jan. de 2020.

DALY, Herman E. Una economía de estado estacionario. **Papeles de relaciones ecosociales y cambio global**, n. 117, 2012, p. 43 – 55. Disponível em: http://base.socioeco.org/docs/una_economia_de_estado_estacionario_h._daly.pdf. Acesso em: 10 jan. 2020.

DAMINELI, Bruno L., JOHN, V. Developing Low CO2 Concretes: Is Clinker Replacement Sufficient? The Need of Cement Use Efficiency Improvement. **Key Engineering Materials**, v. 517, p. 342 – 351, 2012. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.517.342. Acesso em: 05 nov. 2019.

DAVIS, Mike. **Planeta favela.** São Paulo: Boitempo, 2006.

DAWOOD, Saad; CROSBIE, Tracey; DAWOOD, Nashwan; LORD, Richard. Designing low carbon buildings: A framework to reduce energy consumption and embed the use of renewables. **Sustainable Cities and Society**, v. 8, p. 63 – 71, 2013. ISSN 2210-6707. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.01.005. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670713000061. Acesso em: 22 fev. 2018.

DELEUZE, Guilles; GUATTARI, Felix. **O que é a filosofia?** Coleção Trans. São Paulo: Editora 34, 1992.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS – DIEESE. A Construção Civil e os Trabalhadores: panorama dos anos recentes. **Estudos e Pesquisas**, n. 95, 08 de junho de 2020. Discponível em: https://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2020/estPesq95trabconstrucaocivil.html. Acesso em jan. 2021.

DEVECCHI, A. M. **Reformar não é construir. A reabilitação de edifícios verticias: novas formas de morar em São Paulo no século XXI**. 2010. Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo: 2010.

DIEDERICHSEN, Francisco T. B. **Formação Profissional na construção civil: experiências em busca da 'desalienação' do trabalho**. 2012. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

DIEDERICHSEN, Francisco T. B. **Formação profissional dos trabalhadores da construção civil: o canteiro de obras e a emancipação social**. 2017. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2018.

DOWD, R. M.; MOURSHED, M. Low carbon Buildings: Sensitivity of thermal properties of opaque envelope construction and glazing. **Energy Procedia**, v. 75, p. 1284 -1289, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.189. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215009571. Acesso em: 6 jun. 2021.

EDWARDS, Brian. **O guia básico para a sustentabilidade**. 2ª impressão. Barcelona: Gustavo Gili, 2013.

EGAS, Leonardo. **Análise pluridimensional da sustentabilidade do ciclo de vida de um sistema estrutural de cobertura em madeira de Pinus: caso assentamento rural Pirituba II**. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. DOI: 10.11606/D.18.2008.tde-11082008-092212. Acesso em: 17 mar. 2020.

ELKINGTON, John. **Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Oxford: Capstone, 1997.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - EMF. **Rumo à economia circular**. Ellen Macarthur Foundation: [*S.l.*], 2015. Disponível em: www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-à-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf. Acesso em: fev. 2017.

ERKMAN, S. Industrial Ecology: an historical view. **Journal of Cleaner Production,** Switzerland, Vol. 5, nº 1-2, 1997. Disponível em: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652697000036. Acesso em 07 dez. 2016.

ESTAIANO, João C. **Impactos da mineração de areia em planícies fluviais meândricas da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: O caso do rio Embu-Guaçu, São Paulo – SP**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2007. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-13032008-140809/publico/DISSERTACAO_JOAO_CLAUDIO_ESTAIANO.pdf. Acesso em 11 nov. 20.

ESTEVES, A. M. C. **Flexibilidade em arquitetura: uma contribuição adicional para a sustentabilidade do ambiente construído**. 2013. Dissertação (Mestrado Integrado em Arquitectura - dARQ) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2013.

FARAH, Marta F. S. **Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança**. São Paulo: Annablume, 1996.

FEENBERG, Andrew. **Tecnologia, modernidade e democracia.** Portugal: MIT Portugal / IN+ /INOVATEC. 2015. Disponível em: https://www.sfu.ca/~andrewf/TECNOLOGIA_MODERNIDADE_DEMOCRACIA.pdf. Acesso em: 16 nov. 2017.

FEENBERG, Andrew. **Transforming technology: A critical theory revisited**. New York: Oxford University Press, 2002.

FERREIRA, Thiago L. **Arquiteturas vernáculas e processos contemporâneos de produção: formação, experimentação e construção em assentamento rural**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Université de Grenoble, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG) e Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Grenoble, 2014.

FERRO, Sérgio. **Arquitetura e trabalho livre**. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

FERRO, Sérgio. Concrete as weapon. **Harvard Design Magazine**, n. 46, 2018. Disponível em: http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/01_biblioteca/arquivos/kapp_18_how_look.pdf. Acesso em: 16 dez. 2021. Concreto como Arma (versão português - mimeo, 2021). Tradução: Ellen Heyward / Ana Naomi de Sousa. Projeto "Translating Ferro / Transforming Knowledges of Architecture, Design and Labour for a New Field of Production Studies - TF/TK" (coord. LOPES, João Marcos de A.; THOMAS, Katie Lloyd).

FIGUEIREDO, Ana C. C. **Certificação ambiental e habitação no Brasil: agentes e requisitos urbanísticos e arquitetônicos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. DOI:10.11606/D.102.2019.tde-18022019-105333. Acesso em: 17 mar. 2021.

FINCH, E. Flexibility as a design aspiration: the facilities management perspective. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, abr./jun. 2009, p. 7-15. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/7570. Acesso em: 22 jun. 2020.

FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇA DO CLIMA – FBMC. **Proposta inicial de implementação da Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil**. FBMC, maio 2018.

FROSCH, Robert A.; GALLOPOULOS, Nicholas E. Strategies for Manufacturing. **Scientific American**, v. 261, n. 3, 1989, p. 144-152. Disponível em: http://www.is4ie.org/resources/Documents/Strategies_For_Manufacturing_Sci_American_1989.pdf. Acesso em: 02 dez. 2016.

FURTADO, Fabrina P. **Ambientalismo de espetáculo: a economia verde e o mercado de carbono no Rio de Janeiro**. Instituto Políticas Alternativas para o Cone Sul – PACS: Rio de Janeiro, 2012.

GAMA, Ruy. A tecnologia em questão. **Revista USP**, Setembro, Outubro, Novembro 1990, p. 43 - 48. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/55859/59257. Acesso em: 04 jul. 2016.

GAMA, Ruy. **A tecnologia e o trabalho na história**. São Paulo, SP: Nobel/EDUSP, 1987.

GAUZIN-MÜLLER, Dominique. **Arquitetura Ecológica**. São Paulo: Editora Senac, 2011.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BROCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. J. Circular Economy – a new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 43, Feb. 2017, p. 757-768. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048. Acesso em: 23 dez. 2016.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. **O decrescimento: entropia, ecologia, economia**. São Paulo: Editora SENAC, 2012.

GHELLERE, Frederico B. **Painel de vedação vertical pré-fabricado em madeira**. 2020. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

GIESEKAM, Giesekam; BARRETT, John R.; TAYLOR, Peter. Construction sector views on low carbon building materials. **Building Research Information**, v. 44, ed. 4, p. 423 - 444, 2016. DOI: 10.1080/09613218.2016.1086872. Acesso em: 20 fev. 2018.

GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, AND THE UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - GLOBALABC/IEA/UNEP: **GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Latin America: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector**. Paris: IEA, 2020. Disponível em: https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2.%20GlobalABC_Regional_Roadmap_for_Buildings_and_Construction_in_Latin_America_2020-2050.pdf. Acesso em: out. 2021.

GONÇALVES, Joana C. S.; DUARTE, Denise H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81, out./dez. 2006. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3720. Acesso em: 24 jan. 2020.

GONZÁLEZ, María J.; NAVARRO, Justo G. Assessment of the decrease of CO_2 emissions in the construction field through the selection of materials: Practical case study of three houses of low environmental impact. **Building and Environment**, v. 41, issue 7, p. 902 – 909, 2006. DOI:

https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.04.006. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013230500140X. Acesso em: 03 abr. 2021.

GUDYNAS, Eduardo. Buen vivir: Germinando alternativas al desarrollo. **América Latina en Movimiento**, ALAI, n. 462, p. 1 – 20, feb. 2011, Quito.

GUEDES, Manuel C. Sustainable Architecture in Africa. In: SAYIGH, Ali (ed.). Sustainability, **Energy and Architecture**, Academic Press, 2013, p. 421-503. ISBN 9780123972699. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397269-9.00016-5. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123972699000165. Acesso em: jun. 2021.

GUILLAUD, Hubert; HOUBEN, Hugo. **Traité de Construction en Terre**. Marseille: Editions Parenthéses, 1989.

GUILLAUD, Hubert *et al*. **Versus: lessons from vernacular heritage to sustainable architecture**. CRAterre-ENSAG, 2014, 978-2-906901-78-0. hal-01159770.

GUSTAVSSON, Leif. *et al*. **Wood in carbon efficient construction: Tools, methods and applications**. Finland: HämeenKirjapainoOy, 2013.

GUY, B.; CIARIMBOLI, N. **Design for disassembly in the built environment: A guide to closed loop in design and building**. City of Seattle, King County, WA, and Resource Ventures, Inc., 2019. Disponível em: https://www.lifecyclebuilding.org/docs/DfDseattle.pdf. Acesso em: 13 jun. 2020.

GUY, B.; SHELL S. Design for Deconstruction and Materials Reuse. **Proceedings of the CIB Task Group 39** – Deconstruction Meeting edited by Abdol Chini and Frank Schultmann. CIB Publication 272, 2002. Disponível em: http://www.cce.ufl.edu/Design for Deconstruction and Materials Reuse.pdf. Acesso em: 13 jun. 2020.

HABIS. **Tecnologias Construtivas de Baixo Carbono**: a madeira e novos paradigmas para a construção civil. São Carlos: IAU USP, 2016, 40 p. Projeto de pesquisa temático apresentado à FAPESP.

HAKKINEN, Tarja *et al*. Reducing embodied carbon during the design process of buildings. **Journal of Building Engineering**. v. 4, dec. 2015, p. 1-13. DOI: 10.1016/j.jobe.2015.06.005. Acesso em 26 fev. 2018.

HALL, S.; FOXON, T. J. Values in the Smart Grid:The co-evolving political economy of smart distribution. **Energy Policy**, v. 74, p. 600 – 609, 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.08.018i. Acesso em 23 abr. 2021.

HALLIDAY, Sandy. **Sustainable construction**. Oxford: BH, 2010.

HARVEY, D. **Para entender O Capital.** Livro I. São Paulo, SP: Boitempo, 2013.

HARVEY, David. **Espaços de esperança**. 7ª ed. São Paulo: Edições Loyola, 2015.

HARVEY, D. **Dezessete contradições e o fim do capitalismo**. São Paulo, SP: Boitempo, 2016.

HEYWOOD, Huw. **101 regras básicas para edificações e cidades sustentáveis**. São Paulo: Gustavo Gili, 2017.

HILDEBRANDT, J.; HAGEMANN, N.; THRÄN, D. The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in europeu. **Sustainable Cities and Society**, v. 34, p. 405 - 418, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.06.013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670716305923. Acesso em: 19 fev. 2018.

HIRAO, Flávio H.; LAZARINI, Kaya; ARANTES, Pedro F. A experiência recente da Usina junto aos movimentos populares de Sem Teto (UMM) e Sem Terra (MST). In: VILAÇA, Ícaro. CONSTANTE, Paula (orgs.). **Usina: entre o projeto e o canteiro**. São Paulo: Edições Aurora, 2015, p. 137 – 155.

HOLM, Jesper; STAUNING, Inger; SONDERGARD, Bent. Local Climate Mitigation and Eco-efforts in Housing and Construction as Transition Places. **Environmental Policy and Governance**, v. 21, issue 3, p. 183 – 198, May / June 2011. DOI: 10.1002/eet.569. Acesso em: 02 fev. 2018.

HOWE, J. **Building with Wood: Proactive Climate Protection**. Dovetail Partners, Inc., 2015. Disponível em: http://www.dovetailinc.org/reports/Building+with+Wood+Proactive+Climate+Protection_n656?prefix=%2Freports. Acesso jan. 2017.

HUANG, Beijia; MAUERHOFER, Volker. Low carbon technology assessment and planning: Case analysis of building sector in Chongming, Shanghai. **Renewable Energy**, v. 86, p. 324 - 331, 2016. ISSN 0960-1481, DOI: https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.08.014. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148115302147. Acesso em 23 out. 2019.

HUANG, Lizhen; KRIGSVOLL, Guri; JOHANSEN, Fred; LIU, Yongping; ZHANG, Xiaoling. Carbon emission of global construction sector. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, part 2, p. 1906-1916, 2018. ISSN 1364-0321. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.001. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117309413. Acesso em: 23 out. 2019.

HUESEMANN, Michael; HUESEMANN, Joyce. **Techno-fix: why technology won't save-us or the environment**. New Society Publishers: Canada, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **O Futuro que queremos: Economia verde, desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza**. INPE: São José dos Campos, SP, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA – IPEA. ODS 13: **Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos. O que mostra o retrato do Brasil?** Brasília: IPEA, 2019.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE – IEMA. **Documento de análise: evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970-2013)**. Setor de energia e processos industriais. Recurso eletrônico. São Paulo: Observatório do Clima, 2015. Disponível em: http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace;/handle/10438/18641. Acesso em: 22 nov. 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Cambio climático 2014: Informe de síntesis.** Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change and Land**: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press [2019].

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C.

Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press [2021].

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC**. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press [2022].

ISOLDI, Rosilaine A. **Tradição, inovação e sustentabilidade: desafios e perspectivas do projeto sustentável em arquitetura e construção.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

JASANOFF, Sheila; KIM, SH. Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea. **Minerva**, v. 47, n. 119, p. 119 – 146, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/s11024-009-9124-4. Acesso em maio 2022.

JOHN, V. M. *et al*. Durabilidade e Sustentabilidade: desafios para a construção civil brasileira. In: Workshop sobre durabilidade das construções, 2., São José dos Campos, 2002. **Anais** [...]**.** São José dos Campos, 2002.

JOHN, V.M.; SILVA, V.G.; AGOPYAN, V. Agenda 21: uma proposta de discussão para o *construbusiness* brasileiro. In: II Encontro nacional e I Encontro Latino-americano sobre edificações e comunidades sustentáveis. **Anais** [...], ANTAC/UFRGS, Canela-RS, 24-27 de abril de 2001, p.91 - 98.

JOURDA, Françoise-Hélène. **Pequeno manual do projeto sustentável**. São Paulo: Gustavo Gili, 2013.

KALLIS, G.; DEMARIA, F.; D'ALISA, G. Decrescimento. In: D'ALISA, G.; DEMARIA, F.; KALLIS, G. (org.). **Decrescimento: vocabulário para um novo mundo**. Porto Alegre: Tomo Editorial, 2016, p. 21 – 42.

KALLIS Giorgos; KOSTAKIS, Vasilis; LANGE, Steffen; MURACA, Barbara; PAULSON, Susan; SCHMELZER, Matthias. Research On Degrowth. **Annual Review of Environment and Resources**, 43:1, 2018, pp. 291-316. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-025941. Acesso em: 26 abr. 2022.

KAPP, Silke. Grupos sócio-espaciais ou a quem serve a assessoria técnica. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, São Paulo, v.20, p. 221-236, Maio-Agosto de 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.22296/2317-1529.2018v20n2p221. Acesso em: abr. 2018.

KATAYAMA, Mari Tomita; MAZZARELLA, Vicente Nelson Giovanni (*in memorian*). Tecnologia disponível no dia a dia. In: OLIVEIRA, Mirian Cruxên Barros de. (Org.) **Histórias de inovação**: 40 estudos do IPT em serviços públicos, indústrias, petróleo e gás, meio ambiente, engenharia, saúde e administração. São Paulo: IPT, 2018. Cap.13, p. 68 - 72.

KATINSKY, Júlio. Técnica, tecnologia e educação em países subdesenvolvidos. In: MARCARÓ, Lucia (coord.). **Tecnologia & Arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1989, p.61 - 86.

KERSCHNER, C.; WÄCHTER, P.; NIERLING, L.; EHLERS M. Degrowth and Technology: Towards feasible, viable, appropriate and convivial imaginaries. **Journal of Cleaner Production**, v. 197, part 2, 2018, p. 1619-1636. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.147. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261832136X. Acesso em: 24 jan. 2020.

KHOSLA, Radhika; SAGAR, Ambuj; MATHUR, Ajay. Deploying Low-carbon Technologies in Developing Countries: A view from India's buildings sector. **Environmental Polyce and Governance**, v. 27, p. 149 - 162, 2017. DOI: 10.1002/eet.1750. Acesso em: 12 fev. 2018.

KIBERT, Charles J. Establishing principles and a model for sustainable construction. [*S.l.*], 1994.

KIBERT, Charles J.; CHINI, Abdol R.; LANGUELL, Jennifer. Deconstruction as na essential componente of sustainable construction. **CIB World Building Congress**, april 2001, Wellington, New Zealand. Disponível em: https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB3122.pdf. Acesso em 11 jun. 2020.

KINUPP, Valdely F. **Plantas alimentícias não-convencionais da Região Metropolitana de Porto Alegre, RS**. 2007. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2007. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12870/000635324.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 01 fev. 2022.

KOLB, J. **Systems in timber engineering**. Germany: Birkhauser, 2008.

KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde: princípios e práticas na construção residencial**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

KUITTINEN, Matti; LUDVIG, Alice; WEISS, Gerhard (ed.). **Wood in Carbon Efficient Construction: tools, methods and applications**. Belgium: CEI-Bois, 2013.

LACEY, Hugh. Há alternativas ao uso dos transgênicos? **Novos estudos - CEBRAP**, São Paulo, n. 78, p. 31-39, July 2007. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0101-33002007000200005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000200005&lng=en&nrm=iso. Acesso em 18 dez. 2017.

LAI, Xiaodong; LIU, Jixian; SHI, Qian; GEORGIEV Georgi; WU, Guangdong. Driving forces for low carbon technology innovation in the building industry: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, p. 299 – 315, 2017. ISSN 1364-0321. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.044. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117302587. Acesso em: 30 jan. 2018.

LAYRARGUES, Philippe P. Do ecodesenvolvimento ao desenvolvimento sustentável: evolução de um conceito? **Proposta** – Revista de debates trimestral da FASE, n. 71, ano 25, Dezembro / Fevereiro 1997, p. 5-10.

LAMBERTS, Roberto *et al*. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 2010.

LA ROCHE, P. Calculating green house gas emissions for buildings: analysis of the performance of several carbon counting tools in different climates. **Informes de la Construcción**, v. 61, ed. 517, p. 61 -74, 2010. DOI: 10.3989/ic.09.026. Acesso em: 14 fev. 2018.

LATOUCHE, Serge. Degrowth. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, 2010, p. 510 – 522. DOI: 10.1016/j.clepro.2010.02.003. Acesso em: 18 dez. 2019.

LATOUCHE, Serge. **Pequeno tratado do decrescimento sereno**. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2009.

LEÃO, Igor Z. C. C. O conceito de Tecnologia em Ruy Gama. **Economia & Tecnologia**, ano 02, v. 06, Jul / set. de 2006, p. 143 a 152. Disponível em: http://www.economiaetecnologia.ufpr.br/revista/6%20Capa/Igor%20Zanoni%20Constant%20Carneiro%20Leao.pdf. Acesso em: 04 jul. 2016.

LEFF, Enrique. **Racionalidade ambiental e a reapropriação social da natureza**. Tradução de Luis Carlos Cabral. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LEHMANN, S. Low carbon construction systems using prefabricated engineered solid wood panels for urban infill to significantly reduce greenhouse gas emissions. **Sustainable Cities and Society**, Volume 6, Pages 57-67,

2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2012.08.004. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221067071200056X. Acesso em: 01 mar. 2018.

LEITE, Taylisi S. C. Pequeno glossário marxiano. **Revista Cult**, 5 de maio de 2021. Recurso digital. Disponível em: https://revistacult.uol.com.br/home/pequeno-glossario-marxiano/?fbclid=IwAR1dQ6X-gGS9R4O7A87-NvrRpGMX910xkHTGRmkGLo8oiFPFmeelP1efovk. Acesso em: 11 maio 2021.

LENGEN, Johan van. **Manual do arquiteto descalço**. Rio de Janeiro: Casa do sonho, 2002.

LENGEN, Johan van. **Arquitetura dos índios da Amazônia**. São Paulo: B4 Editora, 2013.

LENOBLE, Robert. **História da idéia de natureza**. Lisboa: Edições 70, 1969.

LEROY-GOURHAN, André. **Evolução e Técnicas. I – O homem e a matéria**. Lisboa: Edições 70, 1971.

LEROY-GOURHAN, André. **Evolução e Técnicas. II – O meio e as técnicas**. Lisboa: Edições 70, 1984.

LIAO, Liang; WANG, Hong. Performance-based low carbon building technology screening. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, v. 7, issue 3, p. 174–180, set. 2012. DOI: https://doi.org/10.1093/ijlct/cts017. Acesso em: dez. 2020.

LIMONAD, E. A insustentável natureza da sustentabilidade: Da ambientalização do planejamento às cidades sustentáveis. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 15, n. 29, p. 123-142, 2013.

LIU, H.; LANG, Xi. Strategy for promoting low-carbon technology transfer to developing countries: The case of CCS. **Energy Policy**, Volume 39, número 6, pp. 3106-3116, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.051. Disponível em: (http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511001431). Acesso em: 06 fev. 2018.

LOPES, João M. A. **Em memória das mãos**. O desencantamento da técnica na arquitetura e no urbanismo. Tese (Doutorado em Filosofia) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

LOPES, João M. A.; SHIMBO, Lucia Z. Projeto e produção da habitação na região central do estado de São Paulo: condições e contradições do PMCMV. In: SANTO AMORE, Caio; SHIMBO, Lucia Z.; RUFINO, Maria B. C. (orgs.). **Minha casa... e a cidade? Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015, p. 229 – 253.

LOWY, Michael. Crise ecológica, crise capitalista, crise de civilização: a alternativa ecossocialista. **Caderno CRH, UFBA**, Salvador, v. 26, n. 67, p. 79 - 86, abr. 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-49792013000100006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 24 maio 2021.

LUO, Ting; TAN, Yongtao; LANGSTON, Craig; XUE, Xiaolong. Mapping the knowledge roadmap of low carbon building: A scientometric analysis. **Energy and Buildings**, v. 194, p. 163-176, 2019. ISSN 0378-7788. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.03.050. Acesso em: 07 abr. 2021.

MAGNAGHI, Alberto. **El projecto local**. Hacia una conciencia del lugar. Barcelona: Universitat Politécnica de Catalunya, 2011.

MARCEAU, J.; MANLEY, K.; HAMPSON, K. D.; TONER, P.; GERASIMOU, E.; COOK, N. **Mapping the building and construction product system: preliminary report.** Department of Industry, Science and Resources, Canberra, ACT, 1999. Disponível em: http://eprints.qut.edu.au/41288/. Acesso em: 15 jan. 2019.

MARCUSE, Herbert. Algumas implicações sociais da tecnologia moderna. **Praga. Revista de Estudos Marxistas**. Número 1, set. / dez. 1996. São Paulo: Jinking Editores Associados.

MARCUSE, Herbert. A responsabilidade da ciência. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 159-164, mar. 2009. ISSN 2316-8994. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/ss/article/view/11170/12938. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662009000100008. Acesso em: 27 dez. 2017.

MARICATO, Hermínia. Metrópole, legislação e desigualdade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 17, n. 48, p. 151-166, aug. 2003. ISSN 1806-9592. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142003000200013. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9928. Acesso em: Jul 2015.

MARICATO, Hermínia. O Estatuto da cidade periférica. In: CARVALHO, Celso S. ROSSBACH, Ana Cláudia. **O Estatuto das Cidades comentado**. São Paulo: Ministério das Cidades: Aliança das Cidades, 2010, p. 05 a 22.

MARICATO, Hermínia. O "Minha Casa" é um avanço, mas segregação urbana fica intocada. **Carta Maior**, Maio de 2009. Disponível em: https://www.cartamaior.com.br/?/Editoria/Politica/O-Minha-Casa-e-um-avanco-mas-segregacao-urbana-fica-intocada/4/15160. Acesso em: Jun. 2009.

MARQUES, Luiz. **O capitalismo e o colapso ambiental**. Campinas: Editora da Unicamp, 2015.

MARQUES, Luiz. **Capitalismo e colapso ambiental**. 3ª ed. revista. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2018.

MATARRAIA, L. F. **Arquitetura e sustentabilidade: Considerações sobre o desmonte das edificações**. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

MARTUCCI, Ricardo. **Projeto tecnológico para edificações habitacionais: utopia ou desafio?** 1990. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

MARX, K. **O capital**. Volume I. São Paulo: Boitempo, 2013, versão digital (e-book).

MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã**. São Paulo: Boitempo, 2007.

MATEUS, Ricardo F. M. S. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal, 2004.

MEADOWS, D. *et al.* **Os limites do crescimento**. São Paulo: Perspectiva, 1972.

MENDONÇA, Cláudio. Agricultura: revoluções agrícola e verde e transgênicos. **Uol Educação**, 2005. Disponível em: https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/agricultura-revolucoes-agricola-e-verde-e-transgenicos.htm. Acesso em: 18 dez. 2017.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR - MDIC. **Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação**. Brasília – DF: MDIC, 2013. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80076/Industria.pdf. Acesso em: 09 ago. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Efeito Estufa e Aquecimento Global**. Recurso digital. Disponível em: http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global. Acesso em fev. 2018.

MONCASTER, A. Pathways to Low Carbon Building: Reflection on the Special Issue. **Buildings**, v. 5, n. 3, pp. 751-758, 2015. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings5030751. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/5/3/751. Acesso em: 29 maio 2021.

MOTTA, Sílvio R. F. AGUILAR, Maria T. P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 84-119, maio de 2009. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50953. Acesso em: 03 Set 2015.

MULFARTH, Roberta C. K. **Arquitetura de Baixo Impacto Humano e Ambiental**. 2002. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MYRDAL, G. Un modelo que olvida muchas cosas. In: UNESCO. **El Correo**, año XXVI, enero 1973, pp. 12-13.

NAKAHARA, Carolina Akemi M. M. **Do habitat ao habitar poiético**. Participação, apropriação e utopia em Henri Lefebvre. 2021. Tese (Doutorado em História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

NASCIMENTO, Elimar P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 51-64, jan. 2012. ISSN 1806-9592. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142012000100005. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10624/12366. Acesso em: 03 jan. 2018.

NASCIMENTO, Denise M.; TOSTES, Simone P. Programa Minha Casa Minha Vida: a (mesma) política habitacional no Brasil. **Arquitextos**, São Paulo, ano 12, n. 133.03, Vitruvius, jun. 2011. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.133/3936>. Acesso em maio 2018.

NETTO, José P.; BRAZ, Marcelo. **Economia política: uma introdução crítica**. São Paulo: Cortez, 2006.

NICOLAV, Vanessa. O que passou na “boiada” de Ricardo Salles durante a pandemia? **Brasil de Fato**, São Paulo, 09 de junho de 2020. Disponível em: https://www.brasildefato.com.br/2020/06/09/o-que-passou-na-boiada-de-ricardo-salles-durante-a-pandemia. Acesso em jun. 2020.

NOVAES, H.; DAGNINO, R. O fetiche da tecnologia. **Revista ORG & DEMO**, Marília, v. 5, n. 2, p. 189-210, 2004. Disponível em: http://www2.marilia.unesp.br/revistas/index.php/orgdemo/article/view/411. Acesso em: 19 abril 2017.

O’CONNOR, James. ¿Es posible el capitalismo sostenible? **Papeles de Población**, Mexico, v. 6, n. 24, Abril-Junio, 2000. Disponível em: http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/ecologia/connor.pdf. Acesso em: 17 agosto 2017.

OLIVEIRA, Francisco de. O mito da salvação tecnológica. *In*: OLIVEIRA, Chico de. **O banquete e o sonho: ensaios sobre a economia brasileira**. Caderno de debates 3. São Paulo: Editora Brasiliense, 1976, p. 92-93.

OLIVEIRA, Francisco de. **Crítica à razão dualista: o ornitorrinco**. São Paulo: Boitempo Editorial, 2003.

ONÇA, Daniela de Souza. **"Quando o sol brilha, eles fogem para a sombra...": a ideologia do aquecimento global**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Doi:10.11606/T.8.2011.tde-01062011-104754. Acesso em: jan. 2018.

ORSINI, F.; MARRONE, P. Approaches for a low-carbon production of building materials: A review. **Journal of Cleaner Production**, Volume 241, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118380. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619332500. Acesso em: 01 abr. 2021.

OXFAM. **Uma economia para os 99%.** Documento Informativo da OXFAM. 2017. Recurso digital. Disponível em: oxfam.org.br/publicacoes/uma-economia-para-os-99. Acesso em: jul. 2019.

PATIL, Nitish M.; KUMTHEKAR, M. B. Low carbono building. **Internacional Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 03, issue 12, p. 692 – 694. Disponível em: https://www.irjet.net/archives/V3/i12/IRJET-V3I12173.pdf. Acesso em: 22 mar. 2021.

PENA, Rodolfo F. Alves. Josué de Castro. **Brasil Escola**. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/josue-castro.htm. Acesso em: 25 jul. 2020.

PEÑALOZA, Diego; ERLANDSSON, Martin; FALK, Andreas. Exploring the climate impact effects of increased use of bio-based materials in buildings. **Construction and Building Materials**, v. 125, p. 219 – 226, 2016. DOI: ttp://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.041. Acesso em: 21 mar. 2021.

PEQUENO, Renato; ROSA, Sara V. Inserção urbana e segregação espacial. In: SANTO AMORE, Caio; SHIMBO, Lucia Z.; RUFINO, Maria B. C. (orgs.). **Minha casa... e a cidade? Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015, p. 131 – 164.

PISANI, Marilia Mello. Algumas considerações sobre ciência e política no pensamento de Herbert Marcuse. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 135-158, mar. 2009. ISSN 2316-8994. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662009000100007. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/ss/article/view/11169/1293. Acesso em: 27 dez. 2017.

PITTAU, Francesco; LUMIA, Gabriele; HEEREN, Niko; IANNACCONE, Giuliana; HABERT, Guillaume. Retrofit as a carbon sink: The carbon storage potentials of the EU housing stock. **Journal of Cleaner Production**, v. 214, p. 365 – 376, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.304. Acesso em: 02 abr. 2021.

POMPONI, F.; MONCASTER, A. Scrutinising embodied carbon in buildings: The next performance gap made manifest. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, volume 81, part 2, pp. 2431-2442, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.049. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211730998X. Acesso em: 11 jan. 2021.

POTENZA, Renata F. *et al*. **Análise das emissões brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil: 1970 – 2020**. Documento online. [*S.l.*]: SEEG, 2021. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf. Acesso em: 05 dez. 2021.

PRIZIBISCZKI, Cristiane. Governo transfere responsabilidade de corte de emissões ao setor privado. **((O))Eco**, 7 de Abril de 2021. Disponível em:https://oeco.org.br/reportagens/governo-transfere-responsabilidade-de-corte-de-emissoes-ao-setor-privado/. Acesso em jun. 2021.

PUNHAGUI, Kátia R. G. **Potencial de reducción de las emisiones de CO_2 y de la energía incorporada en la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madera**. 2014. Tese (Doctorado en Arquitectura e Ingeniería) – Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Universidad Politécnica de Cataluña: Barcelona; Escola Politécnica de la Universidade de São Paulo: São Paulo, 2014.

RAHNEMA, Majid. Participación. In: SACHS, Wolfgang (ed.). **Diccionario del desarrollo. Una guía del conocimiento como poder**, Peru: PRATEC, 1996, p. 195 – 215.

REDDY, B.V. Sustainable materials for low carbon buildings. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, v. 4, issue 3, p. 175 – 181, sep. 2009. DOI: https://doi.org/10.1093/ijlct/ctp025. Disponível em: https://academic.oup.com/ijlct/article/4/3/175/710965. Acesso em: 16 nov. 2020.

RIOS, Fernanda C.; CHONG Wai K.; GRAU, David. Design for disassembly and deconstruction: challenges and opportunities. **Procedia Engineering**, 118, 2015, p. 1296 - 1304. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.08.485. Acesso em: 10 jun. 2020.

ROAF, Sue; CRICHTON, David; NICOL, Fergus. **Adapting buildings and cities for climate change**. A 21st Century Survival Guide. 2. ed. Italy: Elsevier, 2009.

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS-REES, Stephanie. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ROCHA, Cecilia G.; SATLER, Miguel A. A discussion on the reuse of building components in Brazil: An analyses of major social, economical anda legal factors. **Resources, Conservation and Recycling**, 54, 2009, p. 104 a 112. DOI: 10.1016/j.resconrec.2009.07.2004. Acesso em: 10 jun. 2020.

ROCKSTRÖM, J. *et al*. Planetary boundaries:exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and Society**, 14(2): 32, 2009. Disponível em: http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/. Acesso em: 07 out. 2020.

ROLNIK, Raquel *et al*. Inserção urbana no PMCMV e a efetivação do direito à moradia adequada: uma avaliação de sete empreendimentos no estado de São Paulo. In: SANTO AMORE, Caio; SHIMBO, Lucia Z.; RUFINO, Maria B. C. (orgs.). **Minha casa... e a cidade? Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015, p. 391 – 416.

ROLNIK, R.; NAKANO, K. As armadilhas do pacote habitacional. **Le Mondé Diplomatique Brasil**, ano 2, n. 20, março, 2009. Disponível em: http://diplomatique.org.br/as-armadilhas-do-pacote-habitacional/. Acesso em: 24 jul. 2019.

ROVERS, R. Zero-Energy and Beyond: A Paradigm Shift in Assessment. **Buildings**, v. 5, p. 1 – 13, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.3390/buildings5010001. Acesso em 29 maio 2021.

RUFINO, Maria B. C. *et al*. A produção do Programa MCMV na Baixada Santista: habitação de interesse social ou negócio imobiliário? In: SANTO AMORE, Caio; SHIMBO, Lucia Z.; RUFINO, Maria B. C. (orgs.). **Minha casa... e a cidade? Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015, p. 103 – 130.

SABBATINI, Fernando H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: Formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SACHS, Ignacy. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. Editora Vértice: São Paulo, 1986.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Garamond: Rio de Janeiro. 2002.

SACHS, Ignacy. Inclusão social pelo trabalho decente: oportunidades, obstáculos, políticas públicas. **Estudos Avançados**, v. 18, n. 51, p. 23 – 49, 2004. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9998. Acesso em: 10 maio 2020.

SACHS, Ignacy. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, volume 21, número 59, pp. 21-38, 2007. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10204. Acesso em: fev. 2020.

SACHS, Wolfgang. Um mundo. *In*: SACHS, Wolfgang (ed.). **Diccionario del desarrollo. Una guía del conocimiento como poder**, Peru: PRATEC, 1996, p. 377 - 392.

SACHS, Wolfgang (ed.). **Diccionario del desarrollo. Una guía del conocimiento como poder**, Peru: PRATEC, 1996.

SACHT, Helenice M. **Painéis de vedação de concreto moldados in loco: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos.** 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SANCHEZ, Iara D.; FABRICIO, Marcio M.; BUZZAR, Miguel A. Avaliação da manutenibilidade em sistemas construtivos inovadores. *In*: FABRICIO, Marcia M.; ONO, Rosaria (orgs). **Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: manutenção e percepção dos usuários**. Porto Alegre: ANTAC, 2015, p. 67 – 87.

SANTO AMORE, Caio; SHIMBO, Lucia Z.; RUFINO, Maria B. C. (org.). **Minha casa... e a cidade? Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.

SANTOS, Laymert G. **Politizar as novas tecnologias**. São Paulo: Editora 34, 2003.

SANTOS, A. Paredes de Concreto já dominam MCMV. **Cimento Itambé**, maio 2016. Disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/paredes-de-concreto-minha-casa-minha-vida/. Acesso em: abr. 2019.

SARAMAGO, Rita C. P. **Arquitetura sustentável?** Quando o discurso não mais sustenta um futuro para a prática arquitetônica. 2022. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

SARAMAGO, R. C. P.; LOPES, J. M. A. Certificação ambiental de edificações para uso residencial: análise crítica. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 2019, Uberlândia, Minas Gerais. **Anais** [...], Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p. 397-410. DOI: https://doi.org/10.14393/sbqp19038. Acesso em: 23 maio 2020.

SCHNEIDER, T.; TILL, J. Flexible Housing: Opportunities and Limits. **Theory,** v. 9, n. 2,2005, p. 157 - 166. Disponível em: https://westminsterresearch.westminster.ac.uk/download/9dd5ed160274d286c48599fcce04601ce931511871b80400075a8d01f6cd7cfe/274139/Schneider_Till_2005_as_published.pdf. Acesso em: 28 jun. 2020.

SCHUMACHER, E. F. **O negócio é ser pequeno**. 4ª. Ed. [*S.l.*]: Zahar Editores, 1981.

SHELL. S.; GUTIERREZ, O.; FISHER, L.; *et al*. Design for Deconstruction: The Chartwell School Case Study. U.S. **Environmental Protection Agency**, Region 9. s/d. Disponível em: https://www.lifecyclebuilding.org/docs/DFD.pdf. Acesso em: 13 jun. 2020.

SHI, Qian; YU, Tao; ZUO, Jian. What leads to low-carbon buildings? A China study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 726 – 734, 2015. ISSN 1364-0321. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.037. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115004967. Acesso em: 09 fev. 2018.

SHIGUE, E. K. **Difusão da Construção em Madeira no Brasil**: Agentes, ações e produtos. 2018. 250 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

SHIMBO, Lúcia Z. **Habitação Social, Habitação de Mercado: a confluência entre Estado, empresas construtoras e capital financeiro.** 2010. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SHIMBO, Lúcia Z. **O concreto do capital: os promotores do valor imobiliário nas cidades brasileiras**. 2020. Tese (Livre-docência em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

SHIMBO, Lúcia Z.; MARTINS, Marina E. A questão da manutenção de sistemas construtivos inovadores para habitação. In: FABRICIO, Marcia M.; ONO, Rosaria (orgs). **Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: manutenção e percepção dos usuários**. Porto Alegre: ANTAC, 2015, p. 55 – 66.

SHOVE, Elizabeth. What is wrong with energy efficiency? **Building Research & Information**, v. 46, issue 7, p. 779 – 789, 2018. DOI: 10.1080/09613218.2017.1361746. Acesso em: 30 out. 2019.

SILVA, Vanessa G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: http://www.fec.unicamp.br/~vangomes/Download_Tese/Capa.pdf. Acesso em: 31 out. 2016.

SILVA, Vanessa G. Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.7, n.1, p. 47-66, jan./mar. 2007. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3728. Acesso em: 31 out. 2016.

SILVA, V.G.; SILVA, M.G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de Sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 7-18, jul./set. 2003. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3491. Acesso em 19 maio 2020.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. O.; ALMEIDA, R. S. R.; CUNHA-CAMPOS, J. H. B.; ARAUJO, L. E. Modelo integrado das pegadas hídrica, ecológica e de carbono para o monitoramento da pressão humana sobre o planeta. **Ambiência**, Guarapuava (PR), v.11, n.3, p. 639 – 649, 2015. DOI:10.5935/ambiencia.2015.03.09. Acesso em: 23 mar. 2017.

SILVA, Fernanda B.; KATO, Camila S.; SABBATINI, Fernando H.; BARROS, Mércia M. S. B. Sistemas construtivos industrializados para a construção habitacional: análise do canteiro experimental Heliópolis. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENTAC, Canela, 2010. **Anais** [...], Canela, 2010. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/102.pdf. Acesso em maio de 2018.

SILVA, Sandra M. **Indicadores de sustentabilidade urbana: as perspectivas e as limitações da operacionalização de um referencial sustentável**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciência Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC. **Annual Report**. Rio de Janeiro: SNIC, 2013. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2013.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.

SINGER, Paul. **Introdução à economia solidária**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2002.

SOUZA, M. C. O.; CORAZZA, R. I. Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 42, pp. 52-80, dezembro 2017. DOI: 10.5380/dma.v42i0.51298. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/made/article/view/51298. Acesso em: 17 nov. 2020.

SOUZA, Salim Silva *et al*. Biblioteca móvel: a experiência do projeto BiblioSesc no desenvolvimento do hábito de leitura e cidadania no Estado de Sergipe. In: Encontro Regional de Estudantes de Biblioteconomia, Documentação, Ciência e Gestão da Informação - Erebd, 2015, São Cristóvão. **Anais** [...], São Cristóvão: UFS, 2015. Disponível em: https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/bitstream/123456789/197/3/Biblioteca%20m%C3%B3vel.pdf. Acesso em: 25 jul. 2021.

SPERB, Marcia R. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção**. 2000. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

TAKANO, Atsushi. **Wood in sustainable construction – a material perspective**. 2015. Tese (Doctoral dissertation in Science in Technology) - School of Chemical Technology, Departament of Forest Products Technology, Aalto University, Espoo, Finland, 2015.

TAVARES, Braulio. **A invenção do mundo pelo Deus-curumim**. Ilustrações de Fernando Vilela. 2ª ed. São Paulo: Editora 34, 2012.

TELLES, M. A. *et al*. (ed.). **Glossário ILPF: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Colombo, PR: Embrapa, 2021.

TERNER, I. D. Technology and Autonomy. In: FICHTER, R.; TURNER, J. F. C. (eds.**). Freedom to build: Dweller control of the housing process**, 1. ed. New York: The Macmillan Company, 1972, p. 199–237.

THORMARK, C. The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building. **Building and Environment**, v. 41, Issue 8, p. 1019 – 1026, 2006. ISSN 0360-1323. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.04.026. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132305001605. Acesso em: 03 abr. 2021.

TIAN-YAN, Wu; MIN, Cheng. Research on Low-carbon Building Development Based on Whole Life Cycle Analysis. **Procedia Environmental Sciences**, v. 12, part A, p. 305 – 309, 2012. ISSN 1878-0296. DOI: https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.282. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029612002836. Acesso em: 06 jun. 2021.

TREVISAN, Lino. **Interpretações sociológicas de técnica e tecnologia a partir de dicionários de sociologia**. 2012. Tese (Doutorado em Sociologia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

ULLRICH, Otto. Tecnologia. *In*: SACHS, Wolfgang (ed.). **Diccionario del desarrollo. Una guía del conocimiento como poder**. Peru: PRATEC, 1996, p. 360 – 376.

UNESCO**. El Correo**, año XXVI, [*S.l.*]. enero 1973.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC. **Kyoto Protocol**. Kyoto, Japan: COP3, dez. 1997. Disponível em: https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf. Acesso em: fev. 2018.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector**. UNEP, Nairobi, 2020. Disponível em: https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf. Acesso em: 23 abr. 2021.,

USINA CTAH. Processos de projeto como construção de autonomia. In: VILAÇA, Ícaro. CONSTANTE, Paula (orgs.). **Usina: entre o projeto e o canteiro**. São Paulo: Edições Aurora, 2015, pp. 155 – 167.

VALLE, Ivan M. R. **A pré-fabricação de dois sistemas de cobertura com madeira de florestas plantadas**. Estudos de casos: os assentamentos rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju. 2011. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

VARGAS, M. Introdução. *In*: VARGAS, M. (org.). **História da técnica e da tecnologia no Brasil**. São Paulo, SP: Editora UNESP / CEETEPS, 1994.

VARGAS, M. Técnica, Tecnologia e Ciência. *In*: **Revista Educação & Tecnologia**, [*S.l.*], Maio / 2003, p. 178 - 183. Disponível em: http://www.baraobiologia.com/wp-content/uploads/2015/05/Tecnica-Tecnologia-e-Ciencia.pdf. Acesso em: 04 jul. 2016.

VETTER, A. The Matrix of Convivial Technology degrowth. **Journal of Cleaner Production**, v. 197, part 2, p. 1778 – 1786, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.195. Acesso em: abr. 2022.

VIANNA, Nelson S. Tecnologia e arquitetura. *In*: MARCARÓ, Lucia (coord.). **Tecnologia & Arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1989, p. 33 - 60.

VIEIRA, Miguel J. F. A. **Técnicas construtivas ambientalmente adequadas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Especialização em Construções Civis) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.

VILAÇA, Ícaro. CONSTANTE, Paula (orgs.). **Usina: entre o projeto e o canteiro**. São Paulo: Edições Aurora, 2015.

VILLELA. Dianna S. **A sustentabilidade na formação atual do arquiteto e urbanista**. 2001. Dissertação (Mestrado em Teoria, Produção e Experiência do Espaço) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

VIOLA, Eduardo; BASSO, Larissa. O sistema internacional no antropoceno. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 31, n. 92, e319201, 2016. DOI: Http://dx.doi.org/10.17666/319201/2016.Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69092016000300501&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 09 out. 2020.

VIOLA, Eduardo; FRANCHINI, Matías. Sistema internacional de hegemonia conservadora: o fracasso da Rio + 20 na governança dos limites planetários. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 01 – 18, 2012. ISSN 1809-4422. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000300002. Acesso em: 09 out. 2020.

VISEDO, G.; PECCHIO M. (coord.). **ROADMAP tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050**. Rio de Janeiro: SNIC, 2019. Disponível em: http://snic.org.br/noticias-ver.php?id=28. Acesso em: 24 out. 2020.

WANG, David. Logical Argumentation. *In*: GROAT, Linda, WANG, David. **Architectural research methods**. 2ª. ed. INC.: USA: John Wiley & Sons, 2013.

WANG, Xiaoming; ZHAO, Guochao; HE, Chenchen; WANG, Xu; PENG, Wenjun. Low-carbon neighborhood planning technology and indicator system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 1066 – 1076, 2016. ISSN 1364-0321. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.076. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115014598. Acesso em 14 fev. 2018.

WARD, B.; DUBOS, R. **Uma terra somente: a preservação de um pequeno planeta**. São Paulo: Melhoramentos; Universidade de São Paulo, 1973.

WATSON, Robert; CARRARO, Carlo; CANZIANI, Pablo; NAKICENOVIC, Nebojsa; McCARTHY, James; GOLDEMBERG, José; HISAS, Liliana. **The truth about climate change**. Buenos Aires, Argentina: FEU-US, 2016. Disponível em: https://www.broward.org/Climate/Documents/Climate_Website/Climate%20News/The%20Truth%20About%20Climate%20Change.pdf. Acesso em: 22 nov. 2016.

WATSON, Robert; McCARTHY, James; CANZIANI, Pablo; NAKICENOVIC, Nebojsa; HISAS, Liliana. **The truth behind the climate pledges**. Buenos Aires, Argentina: FEU-US, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337033405_The_Truth_Behind_the_Climate_Pledges. Acesso em: 28 set. 2020.

WORLDWATCH INSTITUTE. **O Estado do Mundo**. Salvador: UMA Editora, 2010.

YIN, Robert. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YUBA, Andrea N. **Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências da

Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005. doi:10.11606/T.18.2005.tde-13062006-193817.

XIA, Bing; LI, Xin. Analysis and comparison on the potential of low-carbon architectural design strategies. **Sustainable Computing: Informatics and Systems**, v. 21, p. 204 - 211, 2019. ISSN 2210-5379. DOI: https://doi.org/10.1016/j.suscom.2019.01.014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221053791830355X. Acesso em: jun. 2021.

ZAMBRANO, Letícia M. A. **Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura**. 2008. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

ZHANG, Lianying; LI, Qing; ZHOU, Jinli. Critical factors of low-carbon building development in China's urban area. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, part. 4, p. 3075 – 3082, 2017. ISSN 0959-6526. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.160. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616317917. Acesso em 15 fev. 2018.

ZOCCHE, Lidiana. **Identificação das limitações da ACV sob a ótica de pesquisas acadêmicas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.