

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS SOCIOAMBIENTAIS

Iuri Teles Florencio

**Bioconstruindo o espaço:
Materiais e técnicas não convencionais para a redução de
impactos socioambientais na construção civil.**

Belo Horizonte, 2016

Iuri Teles Florencio

**Bioconstruindo o espaço:
Materiais e técnicas não convencionais para a redução de
impactos socioambientais na construção civil.**

Monografia apresentada ao curso de Ciências Socioambientais da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito final à obtenção do título de Bacharel em Ciências Socioambientais

Orientação: Margarete Maria de Araújo Silva

Belo Horizonte, 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e principalmente à minha família, aos meus queridos pais Evandro e Solange, os quais tenho como maior exemplo de vida, e ao meu grande irmão Ian. Agradeço-lhes por todo suporte, dedicação, amor e carinho que me deram ao longo dos anos. Sem vocês esta caminhada seria muito mais difícil.

Agradeço muito à Anne por todo amor, companheirismo e compreensão nos últimos anos. Você alegra meus dias e desperta em mim uma vontade de crescimento conjunto!

Agradeço aos irmãos da PS. Samuca, Tico, Diguin, Tomás, Gui, Xuxa, Diego, Doidão, Kin, Coutinho, Vitor e Gola. Crescemos e nos divertimos juntos. Cada macaco no seu galho, mas a família junta é sempre família!

Agradeço a todos os meus colegas de curso por tantas trocas nestes longos semestres da graduação, especialmente ao meu grande amigo Ronaldo, parceiro desde o primeiro dia de aula. Vivemos boas histórias dentro e fora da universidade.

Agradeço ao Tibá MAR e Tibá Rio por me apresentarem o mundo da bioconstrução e despertarem em mim um desejo de mudança que alimenta minha vontade de viver bem, de criar e de contribuir para um mundo melhor.

Agradeço aos meus professores da UFMG por toda a dedicação em transferir os seus conhecimentos para nós, alunos. O que nos tornamos, hoje, como profissionais, só foi possível pois vocês abriram portas para que seguíssemos os nossos caminhos.

Agradeço à minha orientadora, Margarete Leta, pela disponibilidade e dedicação durante a formulação deste trabalho. Em pouco tempo, você, conquistou toda a minha admiração, pois sua força e sua dedicação aos trabalhos que realiza me motivam a lutar por uma sociedade mais igualitária.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos e amigas por todo companheirismo.

RESUMO

Um mundo globalizado possui problemas globalizados. A sociedade do desenvolvimento “sustentável” se depara com impactos socioambientais em grande escala, decorrentes principalmente da extração e industrialização de recursos não renováveis para suprir a demanda do mercado da construção civil. Esse é o cenário que a construção civil contemporânea tem criado. Nesse contexto, a bioconstrução ressurgue como uma alternativa para a quebra de paradigmas referentes à qualidade e aos benefícios que a arquitetura vernacular proporciona. Aliar conhecimentos tradicionais milenares com aparatos tecnológicos atuais pode ser a chave para reverter o cenário alarmante que vem sendo construído nos últimos séculos.

Palavras chave: Construção civil, impactos socioambientais, bioconstrução, construção com terra, bambu.

SUMÁRIO

Apresentação do tema, objetivos e metodologia:	1
APRESENTAÇÃO DO TEMA.....	1
OBJETIVOS	4
METODOLOGIA.....	4
1 CAPÍTULO 1: “Desenvolvimento sustentável” e a hegemonia do concreto armado na construção civil.	6
1.1 O início da questão ambiental:	6
1.2 Desenvolvimento Sustentável:.....	7
1.3 O concreto simples e o concreto armado:	9
1.3.1 O concreto:.....	9
1.3.2 O concreto armado:.....	10
1.4 Impactos ambientais inerentes à construção civil convencional:	12
1.5 A cadeia produtiva do cimento.....	16
1.6 A construção civil em uma “Sociedade de Riscos”:	21
2 CAPÍTULO 2: A bioconstrução como alternativa aos processos de produção da construção civil.	25
2.1 Sustentabilidade na Construção Civil e a Bioconstrução:.....	25
2.2 A flor da Permacultura:	29
3 CAPÍTULO 3: Construindo com terra	30
3.1 A terra crua como material de construção:	30
3.2 A terra crua como material de construção no Brasil:	31
3.3 Principais técnicas de construção com terra:.....	32
3.3.1 Superadobe:.....	33
3.3.2 Taipa de Pilão	36
3.3.3 Adobe:.....	38
3.3.4 Taipa de Mão (Pau a Pique)	42
4 CAPÍTULO 4: Construindo com bambu	44
4.1 O Bambu como material de construção.....	44
4.2 Tratamento dos bambus	48
4.2.1 Difusão por imersão vertical.....	50
4.2.2 Difusão por imersão horizontal.....	51
4.3 O Bambu aplicado na construção civil.....	52
5 Considerações finais:	56
6 Referências Bibliográficas:	59

APRESENTAÇÃO DO TEMA, OBJETIVOS E METODOLOGIA:

Apresentação do tema

O mundo globalizado em que vivemos transforma-se em grande velocidade e os avanços tecnológicos ao longo dos anos têm sido responsáveis por uma modernização das práticas de construção utilizadas pelos seres humanos, seja para habitação ou para diversos outros fins.

Para acompanhar esse ritmo acelerado da dinâmica global, a seleção de materiais dá-se principalmente pelo custo e facilidade de processamento, não levando em consideração os danos socioambientais intrínsecos do processo. Materiais como cimento e aço são encontrados em praticamente todas as construções mundo afora, mesmo em países onde estão presentes abundantemente recursos alternativos e localmente produzidos (GHAVAMI, 2009).

A construção civil é considerada uma das principais responsáveis por esses impactos socioambientais não somente em escala local, mas global, pois esses materiais considerados convencionais demandam um grande gasto energético, seja no momento da extração, através da abertura de minas, transporte e todos os processos industriais necessários para o produto final chegar aos consumidores. (FREIRE;PRESCHOLDT, 2015)

Sendo assim, torna-se necessária a utilização de técnicas de construção menos agressivas, com o emprego de materiais energeticamente mais eficientes, que compactuam com a dinâmica local.

A busca por um “desenvolvimento sustentável” tem trazido à tona diversos questionamentos sobre o modo de produção do nosso espaço. O dito “desenvolvimento sustentável” é um conceito que busca associar fatores econômicos, sociais e ambientais, mas vem sendo constantemente utilizado sob a ótica desenvolvimentista essencialmente econômica, visando atingir os objetivos do sistema capitalista, que acaba destoando das questões socioambientais, o que permite levantar questionamentos sobre o modo como o mesmo é clamado, e quais os reais interesses de quem o propaga.

O presente trabalho busca exibir como, no caso da construção civil, o modo de produção capitalista das cidades acaba ditando as regras sobre a maneira como a atividade se dá, em prol de interesses econômicos de grandes empreendimentos.

Considerando esses fatores, Ghavami (2009) nos mostra que os países em desenvolvimento ainda dependem de um sistema educacional acadêmico, que se baseia em modelos estabelecidos nos países industrializados, não havendo iniciativas sistemáticas por uma educação que objetive melhor compreender as propriedades, características e potencialidades do uso de materiais locais disponíveis. Materiais que foram amplamente utilizados na arquitetura vernacular tradicional, que é adaptada ao clima local.

A construção com terra se insere nesse contexto como um conhecimento milenar e com grande difusão global. Há cerca de 10.000 anos, os seres humanos constroem suas habitações utilizando materiais naturais locais, especialmente a terra. Estruturas mundo afora foram erguidas com materiais orgânicos e de baixo impacto ambiental, como por exemplo a Muralha da China e as pirâmides do Egito, resistindo às intempéries e ao passar dos anos, continuando imponentes como sempre.

A bioconstrução alia as tecnologias contemporâneas com as técnicas do passado, proporcionando um modelo que, por utilizar materiais não ou pouco industrializados, causa menos impactos que as construções convencionais, que têm como base o concreto e o aço.

O bambu é também um recurso muito valioso para a bioconstrução. Ele é um vegetal da família das gramíneas, que possui mais de 1300 espécies identificadas, presente em quase todos os continentes do mundo. Esse recurso é utilizado milenarmente na construção civil, principalmente pelos povos asiáticos e também em algumas regiões da Colômbia, bem como do Brasil. É considerado muito resistente e flexível, de rápido crescimento e de múltiplos usos. O baixo custo do material é relativo, pois, apesar de ser abundante, poucas pessoas dominam as técnicas que vão desde a colheita e tratamento até a construção com bambu, sendo assim a mão de obra capacitada pode representar um custo inicial maior. (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008)

O Brasil é detentor de um extenso número de espécies de bambu, as quais estão presentes em quase todo território nacional, porém, a escassez de estudos sobre eles, a falta de incentivos governamentais e a burocracia imposta por órgãos de regulação, em sua maioria decorrentes de interesses econômicos privados, dificultam a difusão das técnicas de bioconstrução.

Durante a elaboração deste documento foram consideradas as técnicas e os conhecimentos tradicionais aliados aos conhecimentos científicos, buscando identificar alternativas construtivas mais eficientes, tanto na conservação dos recursos quanto na manutenção ou melhoria da qualidade de vida da população.

Assim, o presente trabalho de conclusão de curso, procura exhibir um estudo sobre como a construção civil contemporânea atua em nosso meio. Apresenta também técnicas vernaculares, visando realizar um resgate de conhecimentos que incorporem a utilização consorciada de materiais locais em seu estado natural, ou seja, sem estarem submetidos à excessivos processos de industrialização.

O trabalho proposto levou em consideração técnicas construtivas exibidas no livro Manual do Arquiteto Descalço (2008), escrito por Johan Van Lengen, além de uma vasta bibliografia nacional e internacional, que incorporam de maneira consorciada o uso da terra, do bambu e até mesmo do cimento como matéria prima.

OBJETIVOS

O trabalho busca, de maneira interdisciplinar, reafirmar a viabilidade de projetos de bioconstrução e incentivar a disseminação dos mesmos, a fim de questionar o modelo construtivo convencional, imposto pelo sistema capitalista o qual estamos inseridos, que visa a produção em grande escala, utilizando materiais extremamente impactantes, tanto na esfera ambiental quanto social, em prol do ganho financeiro de grandes empreendimentos.

METODOLOGIA

- **Adotar uma postura científica e interdisciplinar:**

Sendo este um Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Socioambientais, propõe-se nesta monografia apresentar alternativas e estratégias para o desenvolvimento de projetos construtivos mais eficientes, que englobem as esferas da economia, engenharia, arquitetura, ecologia, geografia, ciências agrárias, direito, e antropologia, com o intuito de melhor compreender a dinâmica atual e assim pensar soluções plausíveis para os impactos socioambientais decorrentes da atividade;

- **Pesquisa bibliográfica:**

A pesquisa bibliográfica consiste no levantamento teórico, que busca informações específicas sobre construções convencionais, que utilizam principalmente aço e cimento, bem como sobre bioconstruções, que utilizam potencialmente materiais menos impactantes, como terra e bambu por exemplo.

Será feito um amplo questionamento teórico sobre o dito desenvolvimento sustentável, sob a ótica da construção civil, procurando abordar o que o Brasil tem feito em relação ao tema e quais as reais mudanças necessárias.

- **Conhecimento adquirido em cursos, seminários e vivências práticas:**

O trabalho foi enriquecido com conhecimentos de bioconstrução que foram adquiridos ao longo dos anos 2015 e 2016, em cursos ministrados por grandes referências mundiais do tema, no Tibá – Instituto de Tecnologia intuitiva e bioarquitetura, criado por Johan Van Lengen, autor do livro Manual

do Arquiteto Descalço (2008) e com sedes nas cidades de Bom Jardim – RJ, Arraial do Cabo – RJ e León – MEX.

DIVISÃO DOS CAPÍTULOS

Capítulo 1 – “Desenvolvimento sustentável” e a hegemonia do concreto armado na construção civil.

Capítulo 2 – A bioconstrução como alternativa aos processos de produção da construção civil.

Capítulo 3 – Construindo com terra.

Capítulo 4 – Construindo com bambu.

1 CAPÍTULO 1: “DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL” E A HEGEMONIA DO CONCRETO ARMADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

1.1 O início da questão ambiental:

O início do processo de industrialização global, a era nuclear pós Segunda Guerra Mundial e o uso intensivo de pesticidas na agricultura (denunciado pelo livro “A Primavera Silenciosa”, publicado em 1962 por Rachel Carson) são alguns dos fatores que impulsionaram o movimento ambientalista no mundo. Essa emergência deu-se pelo temor de um novo tipo de poluição por radiação e pela necessidade de respeitar o ecossistema ao qual estamos inseridos, para proteger a saúde humana e o meio ambiente. (ONU, *online* Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/> Acesso em: 06 dez 2016)

A medida que a preocupação sobre o uso saudável do planeta e de seus recursos continuou crescendo, em 1972 a ONU (Organização das Nações Unidas) convocou a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo na Suécia. (ONU, *online* Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/> Acesso em: 06 dez 2016)

Essa conferência foi um grande marco na história ambiental no mundo e, como resultado final foi redigido um documento com 19 princípios a serem seguidos para “inspirar e guiar os povos do mundo para a preservação e a melhoria do ambiente humano” (ONU, *online* Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/> Acesso em: 06 dez 2016)

Chegamos a um ponto na História em que devemos moldar nossas ações em todo o mundo, com maior atenção para as consequências ambientais. Através da ignorância ou da indiferença podemos causar danos maciços e irreversíveis ao meio ambiente, do qual nossa vida e bem-estar dependem. Por outro lado, através do maior conhecimento e de ações mais sábias, podemos conquistar uma vida melhor para nós e para a posteridade, com um meio ambiente em sintonia com as necessidades e esperanças humanas [...] defender e melhorar o meio ambiente para as atuais e futuras gerações se tornou uma meta fundamental para a humanidade. (UNEP, 1972, parágrafo 6)

1.2 Desenvolvimento Sustentável:

Antes da conceituação de desenvolvimento sustentável, vários conceitos e teorias similares foram desenvolvidos, porém, o conceito que realmente ganhou foco e em uso mais frequente desde o início da década de 90 é que o desenvolvimento sustentável é “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.” (WCED, 1987)

Esse conceito foi elaborado a partir do relatório ‘Nosso Futuro Comum’, mais conhecido como relatório Brundtland em 1987, que é reconhecido internacionalmente como o grande idealizador do conceito de ‘Desenvolvimento Sustentável’. O documento propõe uma série de ações necessárias, que dizem respeito ao controle do crescimento populacional, garantia de alimentação a longo prazo, preservação da biodiversidade, diminuição do consumo de energia, entre outros.

A seguir um trecho que define o termo idealizado pelo relatório:

Na sua essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão em harmonia e reforçam o atual e futuro potencial para satisfazer as aspirações e necessidades humanas. (WCED, 1987)

Esse é um tema muito amplo e sua discussão aprofundada não é o objetivo central deste trabalho, mas alguns aspectos deste assunto são de fundamental importância para a contextualização do cerne da presente monografia, para possibilitar a compreensão das práticas sócio espaciais que logicamente se constroem em conjunto com as questões ambientais.

Segundo Heloisa Costa (1999) o conceito de desenvolvimento sustentável tem sido muito utilizado e debatido, e por isso falta-lhe precisão e conteúdo, o que possibilita várias definições para o termo. (COSTA, 1999)

Em muitas situações, o conceito tem sido utilizado de maneira generalizada, o que resulta em um amplo debate em torno da ideia de desenvolvimento e também da noção de sustentabilidade. Esse debate representa a recente tentativa de associar a análise ambiental com um diálogo entre a economia política e as ciências sociais. (COSTA, 1999)

Nesse contexto, podemos enxergar o desenvolvimento sustentável como uma estratégia para a perpetuação do desenvolvimento nos moldes capitalistas.

Porém o capitalismo configura-se como autocontraditório (Carneiro 2005), ou seja, gera demandas infinitas por recursos naturais finitos, tendendo obviamente a um colapso. Então, um desenvolvimento sustentável pautado em premissas capitalistas, pode conseqüentemente ser atingido pelo mesmo declínio e colapso ao qual o sistema capitalista estaria fadado.

Segundo James O`Connor, podemos dizer que o capitalismo sempre busca uma maior rentabilidade e acumulação de riquezas, atrelado conseqüentemente à degradação ambiental, uma vez que os custos desta degradação são externalizados e revertidos para o Estado, e este tende a custear estas externalidades através de tributações, configurando assim um cenário de "tragédia dos comuns" (O`Connor 1991), no qual muitas vezes o coletivo arca com os custos de interesses capitalistas individuais, como pode ser percebido também na abordagem de Carneiro:

O uso capitalista das condições naturais como condições do processo de acumulação de riqueza abstrata choca-se com outras formas de apropriação social das condições naturais, seja pra fins de produção de valores de uso em moldes não capitalistas, seja para fins científicos ou lúdicos, seja como fundamento da vida orgânica ou da identidade territorial de determinadas populações e comunidades (Carneiro, 2005 p. 29).

Diante da multiplicidade de conceitos ao entorno do tema, é preciso que se desenvolva uma abordagem mais crítica acerca do paradigma do desenvolvimento sustentável e que esta seja transdisciplinar com relação aos temas de pesquisa e referenciais teóricos diretamente ligados às práticas sociais e de apropriação das condições naturais, juntamente com os fundamentos da sociedade capitalista. (Carneiro, 2005)

Contudo, como nos diz Franz Josef Brüseke (1995), o conceito de desenvolvimento sustentável exibido pelo relatório "Nosso Futuro Comum", tem toda esta aceitação no mercado mundial, devido ao seu caráter pouco pejorativo, não atacando o crescimento econômico e sempre mantendo um tom diplomático.

Todavia, a crítica a sociedade industrial e aos países industrializados tem em comparação com os documentos internacionais anteriores um espaço bastante diminuído. O relatório Brundtland define ou pelo menos descreve o nível de consumo mínimo a partir das necessidades básicas, mas é omissivo na discussão detalhada do nível máximo de consumo nos países industrializados. O relatório Brundtland quer crescimento tanto nos países não industrializados quanto nos países industrializados. Além do mais, ele torna a superação do subdesenvolvimento no hemisfério sul dependente do crescimento contínuo dos países industrializados. Como essa posição casa com a crítica do desenvolvimento do ponto de vista ecológico fica mais do que duvidoso. (Brüseke, 1995:33-34)

Podemos, então, dizer que o desenvolvimento tornou-se uma palavra tão amorfa quanto uma ameba (Esteva, 2000) ou seja, tem conceitos distintos de acordo com os interesses dos grupos que o utilizam.

Interpretando os fatores supracitados, é possível considerar a predominância do sistema convencional em concreto armado na construção civil brasileira, como uma possível ameaça à salubridade do planeta em que vivemos como consequência do desenvolvimento a qualquer custo, pautado na extrema exploração dos recursos naturais determinados pelo modo de produção capitalista.

O desenvolvimento permite que qualquer intervenção, por mais impactante que seja, possa ser santificada em nome de um objetivo maior, como por exemplo a geração de empregos e o impulso econômico. Além disso, quem acaba sofrendo com as externalidades produzidas pelos objetivos do desenvolvimento são aqueles que nem sempre estão usufruindo deles, sendo estes, principalmente os países do sul considerados "menos desenvolvidos" economicamente.

1.3 O concreto simples e o concreto armado:

1.3.1 O concreto:

O cimento, que é vastamente utilizado na grande maioria das construções contemporâneas, é um pó de coloração acinzentada obtido através da moagem do calcário, argila e xisto. Posteriormente a este processo, esses minerais são então submetidos à queima em elevadas temperaturas. Quando este pó entra em contato com a água, acontecem reações químicas com o

silicato de cálcio-anidro, que fazem com que a mistura endureça. (SANTOS, 2008)

O concreto é uma pasta feita com a combinação de agregados miúdos e graúdos, cimento e água. Essa é uma mistura conhecida desde a antiguidade. (SANTOS, 2008 p.112)

Os agregados graúdos são rochas de tamanhos variados sendo que, na construção civil, são frequentemente utilizados os minerais britados. Os agregados miúdos são as areias em suas variadas granulometrias, livres de impurezas. Esses são responsáveis por dar consistência e volume à mistura. A água é adicionada para hidratar o cimento e fazer com que este se torne “uma espécie de cola” que irá unir todos os componentes da mistura. Antigamente eram utilizados materiais alternativos ao cimento para a agregação da pasta de concreto, por exemplo o gesso, a cal e a pozolana. (SANTOS, 2008 p.112)

1.3.2 O concreto armado:

Já o concreto armado é uma mistura do concreto, (conforme caracterizado acima) com uma armadura de aço previamente montada dentro de uma forma, proporcionando resistência à compressão e à tração conforme nos mostra Roberto Eustaáquio dos Santos (2008):

A engenhosidade aí está em combinar a propriedade de resistência à compressão do concreto com a resistência à tração do aço, dando origem a um material capaz de suportar cargas e vencer grandes vãos e balanços, nos formatos os mais variados (SANTOS, 2008 p.112)

Grosso modo, o processo de construção do concreto armado é feito em três passos: confecção das formas e armaduras de aço; preenchimento de todos os espaços vazios da forma com a massa de concreto e para finalizar o concreto armado necessita passar pelo procedimento de cura. A qualidade e quantidade dos componentes da massa de concreto variam de acordo com a funcionalidade e a forma desejada para cada parte da estrutura. (SANTOS, 2008 p.112)

Ainda segundo Santos, o concreto teve sua rápida difusão com sucesso, pois combina economia, segurança, conforto e eficiência, bem como os atributos estéticos que a plasticidade do material proporciona. A desqualificação da mão de obra também é um fator relevante para a escolha do concreto, pois não é necessária uma grande capacitação das pessoas para trabalharem com o material. Esse é um ponto criticado pelo autor pois segundo ele na literatura sobre o tema não é possível observar questionamentos relativos à falta de investimentos em centros de treinamento para trabalhadores especializados na construção civil. (SANTOS, 2008 p.113)

Santos também apresenta uma abordagem crítica de Telles (1994) com foco nas limitações técnicas do concreto especialmente quanto à questão temporal de longo prazo e a rigidez espacial das edificações:

Note-se que o concreto armado, a par de suas inegáveis e importantes vantagens, tem também seus pontos negativos, mesmo quando e onde corretamente indicado. Um desses pontos negativos é a dificuldade de modificações ou de demolição: em qualquer estrutura de concreto armado as modificações, ampliações e reforçamentos são de execução cara e difícil, bem como sua demolição quando necessário, da qual aliás só resta um entulho inútil e de dispendiosa remoção. [...] muitas obras de concreto armado tendem a ficar obsoletas, e as vezes afinal abandonadas, devido ao alto custo e dificuldade das necessárias modificações, ditadas pela evolução dos fatos ou da técnica. (TELLES, 1994, p.485 apud SANTOS, 2008 p.49-50)

Porém um fator pouco abordado na literatura referente ao concreto armado é a questão dos **impactos ambientais** decorrentes da exploração exacerbada dos recursos naturais para suprir a crescente demanda da construção civil, que envolvem a abertura de minas para a produção de cimento e aço, bem como o esgotamento de jazidas de areia e rochas. A extração e a industrialização da matéria prima, bem como seu emprego em atividades de construção, resultam em alarmantes impactos sociais e ambientais, tanto em escala local como global

Vários materiais referentes a cadeia produtiva da Construção Civil, provocam impactos não somente pela extração de matérias-primas como ao longo do ciclo de vida, após seu emprego e por fim desmobilização. Estes materiais podem consumir quantidades de energia, liberar poluentes na água e no ar, além de provocar concentração de resíduos que em algum momento se tornarão tóxicos ao meio ambiente. (AGOPYAN; JOHN, 2011 apud. MORAES; SOUZA, 2015 p. 175)

1.4 Impactos ambientais inerentes à construção civil convencional:

Para uma melhor compreensão sobre o tema, é necessário entender o que é caracterizado como impacto ambiental. O CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nos apresenta a seguinte definição na Resolução CONAMA n.º 001/86 Art. 1º :

Artigo 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais. (Resolução CONAMA n.º 001/86 Art. 1º).

Para suprir as demandas da construção civil por aço, cimento, areia, britas, entre outras, inicialmente é necessária a abertura de minas para a extração de matéria prima.

As minerações por si só agregam múltiplos desses impactos socioambientais supracitados, justificados com a ilusória promessa, por parte dos empreendimentos, de melhora da qualidade de vida dos locais em que serão implantados, crescimento econômico para a região em que se encontram e para o “desenvolvimento” (puramente econômico) do país.

Dentre os impactos ambientais explicitados por Freire e Prescholdt (2015), decorrentes dos mais variados tipos de mineração, podemos focar principalmente:

➤ **Supressão vegetal;**

Em empreendimentos minerários é necessária a supressão vegetal para a abertura de cavas, construção das estruturas internas, abertura de vias para o transito de pessoas e veículos bem como o seu uso como combustível durante o processo industrial. Esses fatores colocam em risco tanto a fauna quanto a flora local. (FREIRE;PRESCHOLDT, 2015 p. 476-500)

➤ **Comprometimento da qualidade das águas:**

Os rios e reservatórios de água presentes no local dos empreendimentos

minerários apresentam danos como o assoreamento e turbidez resultante dos sedimentos finos em suspensão, bem como contaminação por diferentes efluentes de outros setores da mineração, tais como óleos e metais pesados. É possível também que haja uma alteração do fluxo hidrológico da região quando a lavra e o beneficiamento utilizam destes recursos, podendo ocasionar o rebaixamento de calha dos rios bem como dos lençóis freáticos. (FREIRE ; PRESCHOLDT, 2015 p. 476-500)

➤ **Poluição do ar:**

Esse tipo de poluição é frequente em empreendimentos minerários, uma vez que há presença de particulados suspensos pela atividade de lavra, beneficiamento, transporte e também pela queima de combustíveis fósseis, o que acarreta em severos danos à saúde das comunidades residentes ao entorno dos mesmos, bem como dos funcionários da empresa impactante. (FREIRE ; PRESCHOLDT, 2015 p. 476-500)

➤ **Poluição sonora:**

Está associado à operação de equipamentos de grande porte e explosões, podendo influenciar negativamente no equilíbrio dos ecossistemas, pois afugenta e causa morte de espécimes da fauna. As comunidades no entorno da área também são afetados por tais ruídos, na medida em que a proximidade com a fonte pode causar danos ao sistema auditivo. (FREIRE ; PRESCHOLDT, 2015 p. 476-500)

➤ **Produção de rejeitos:**

Durante o processo industrial dos diferentes tipos de mineração, é necessário separar o componente de interesse dos outros minerais, que acabam descartados como rejeito. Tendo em vista que as reservas brasileiras já não possuem um alto teor de pureza, a produção de rejeito tende ao crescimento. Pensando tanto de maneira econômica quanto socioambiental é preciso recuperar estes resíduos, uma vez que em muitos casos é possível dar outra destinação comercial para o mesmo, e também diminuir a quantidade

descartada no meio ambiente. (IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP, 2016)

O IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo aponta dados preocupantes no que diz respeito à produção residual de empreendimentos minerários, principalmente na extração de minério de ferro, uma vez que este é matéria prima para a produção do aço, material utilizado extensivamente na construção civil.

O montante de rejeitos gerados nos processos de produção de substâncias minerais pode ser estimado a partir da diferença entre a produção bruta e a produção beneficiada. A quantidade de rejeitos, em alguns casos, é igual à da substância produzida. Para cada tonelada de minério de ferro processado, por exemplo, temos cerca de 0,4 toneladas de rejeitos. Projeção para o período 2010-2030 aponta que o beneficiamento de minério de ferro irá contribuir com cerca de 41% do total de rejeitos gerados pelas mineradoras no Brasil. (IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP, 2016)

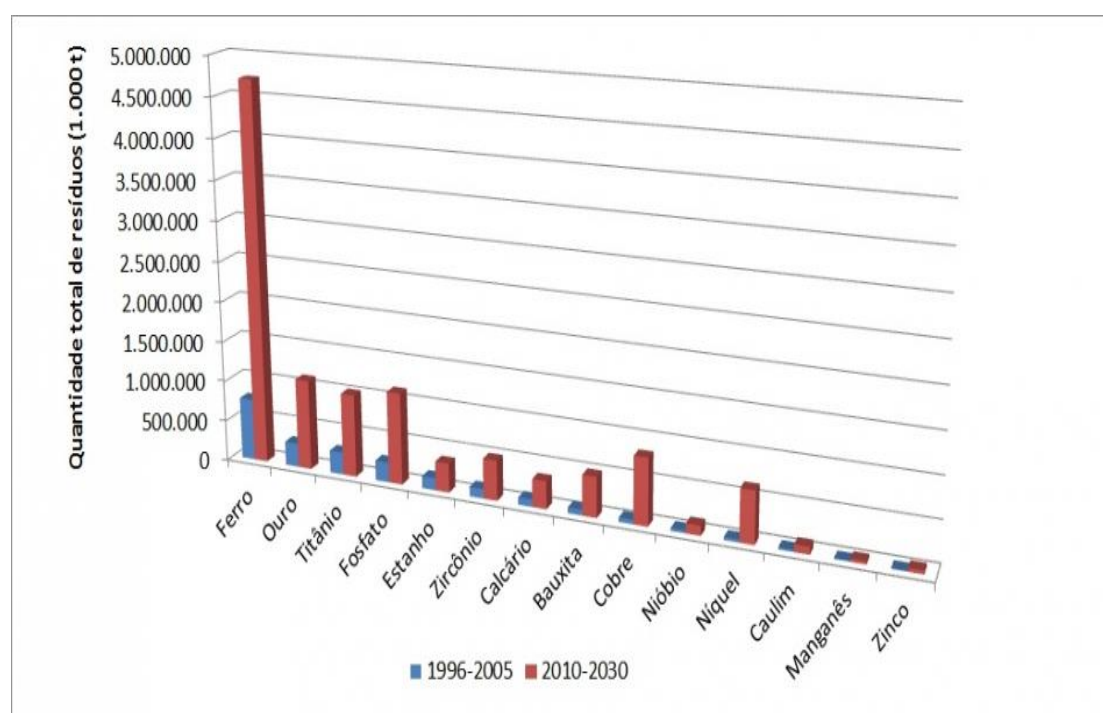


Gráfico 1: Quantidade de rejeitos gerados no Brasil por tonelada de minério de 1996 a 2005 e projeção para o período entre 2010 e 2030, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Fonte: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP, 2016

Sandra Lúcia de Moraes (2016), pesquisadora do Laboratório de Processos Metalúrgicos, em entrevista ao IPT, afirma que atualmente os rejeitos produzidos são comumente armazenados em barragens. O Brasil possui tecnologias de engenharia e métodos geofísicos para a elaboração,

construção e monitoramento de projetos de barragens, mas caso essas tecnologias não sejam aplicadas e passem por constante monitoramento, essas barragens oferecem sérios riscos. Ainda segundo Sandra, “o aproveitamento dos rejeitos como um minério de baixo teor reduziria a quantidade de resíduo alocado nas barragens, amenizando as dificuldades de manutenção e estabilidade e, em alguns casos, até mesmo tornando-as desnecessárias” (MORAES, 2016)

A seguir, um imagem da cidade de Bento Rodrigues – MG, atingida pelos rejeitos de uma das barragens da mineradora Samarco que rompeu-se no dia 05 de novembro de 2015. A foto retrata bem os riscos socioambientais causados pela grande produção de rejeitos minerários e a disposição em barragens pouco fiscalizadas pelo poder público.



Figura 1: Cidade de Bento Rodrigues-MG destruída após o rompimento de uma das barragens de rejeito da mineradora Samarco. **Fonte:** Felipe Floresti, Revista Superinteressante *Online*¹.

Os itens apresentados acima são apenas alguns dos impactos encontrados nos locais onde existem as minas, ou seja, é apenas o berço de toda a cadeia impactante da construção civil.

Durante este processo, devemos também considerar diversas outras ameaças ao equilíbrio socioambiental global, uma vez que a matéria prima

¹ **Revista Superinteressante Online.** Disponível em: http://super.abril.com.br/sites/superinteressante/files/core/Bento_Rodrigues.jpg Acesso em: out. 2016

retirada nas minas ainda deverá ser transportada para as indústrias onde será processada e tornar-se um produto final específico. Nesta fase, os impactos ambientais ainda permanecem a todo vapor, tendo em vista, por exemplo, a excessiva utilização de água e queima de combustíveis para beneficiamento das matérias primas, resultando em emissões de efluentes, particulados, excessivo gasto energético, entre outros.

“Pode-se perceber que o impacto ambiental de uma nova edificação não é gerado apenas a partir do canteiro de obras. A extração de matérias-primas, produção e transporte de materiais e componentes, execução, manutenção predial, demolição e destinação de resíduos são itens relevantes que compõem a cadeia produtiva da Construção Civil. (MORAES; SOUZA, 2015 p. 174)

1.5 A cadeia produtiva do cimento

Abaixo, o esquema da cadeia produtiva do cimento, disponível *online* no site da empresa cimenteira InterCement, bem como o passo a passo da produção:



Figura 2: Cadeia produtiva do cimento. Fonte: InterCement online. Disponível em: <<http://www.intercement.com/sites/ra2010/pt/nossos-negocios/cadeia-produtiva.asp>>

1. O minério é extraído por meio de detonação e, depois, transportado até a unidade de produção.
 2. Ao chegar, as grandes pedras passam pela “britagem”, processo destinado a reduzir o calcário em pedregulhos de tamanho homogêneo.
 3. Com tamanho uniforme, o calcário é conduzido aos depósitos de pré-homogenização. Como a qualidade do cimento depende de materiais quimicamente homogêneos, o calcário passa por um sistema de empilhamento que unifica as camadas conforme o lote em que vieram.
 4. Em seguida, é enviado para a etapa de dosagem, que prepara a mistura de calcário, argila e minérios de ferro em proporções ideais para a qualidade e o tipo de cimento a ser fabricado, trabalho feito por balanças dosadoras digitalizadas e controladas pelo laboratório central.
 5. A moagem da mistura ideal produz um pó fino, conhecido como farinha de cru. A matéria passa por ciclones onde o ar é separado e a farinha, pré-aquecida. Nesse ponto, tem início a liberação de CO₂, o que acelera a descarbonatação.
 6. Em seguida a farinha segue para o calcinador e é aquecida até seu ponto de fusão, em temperaturas que chegam a 1.400 °C. O material se torna uma espécie de lava em estado líquido e na sequência é resfriado rapidamente. O material volta para o estado sólido, formando o Clinquer, a base do cimento.
 7. O Clinquer, mais gesso, mais calcário ou qualquer outra adição é misturado e moído, gerando o cimento. O cimento então está pronto para ser ensacado ou despachado a granel.
- (InterCement *online*.² Acesso em: Set. 2016)

O esquema da cadeia produtiva do cimento apresentado pela empresa InterCement exibe de forma superficial e indireta alguns dos impactos ambientais do processo produtivo, sendo: a extração mineral por meio de detonação; liberação de particulados finos e CO₂, além do excessivo gasto energético para aquecimento da matéria prima. Porém, outros relevantes danos ambientais causados pela atividade não são expressos, assim como os impactos sociais inerentes à atividade, que também foram deixados de lado, como se não existissem.

A seguir um outro esquema da cadeia produtiva do cimento, elaborado por Maria Beatriz Maury (2008), que aborda a mesma situação porém de uma maneira interdisciplinar e mais abrangente do que a apresentada pela empresa InterCement. O esquema dá destaque aos impactos sociais e ambientais decorrentes da atividade.

² **InterCement** *online*. Acesso em Set. 2016 Disponível em: <http://www.intercement.com/sites/ra2010/pt/nossos-negocios/cadeia-produtiva.asp>

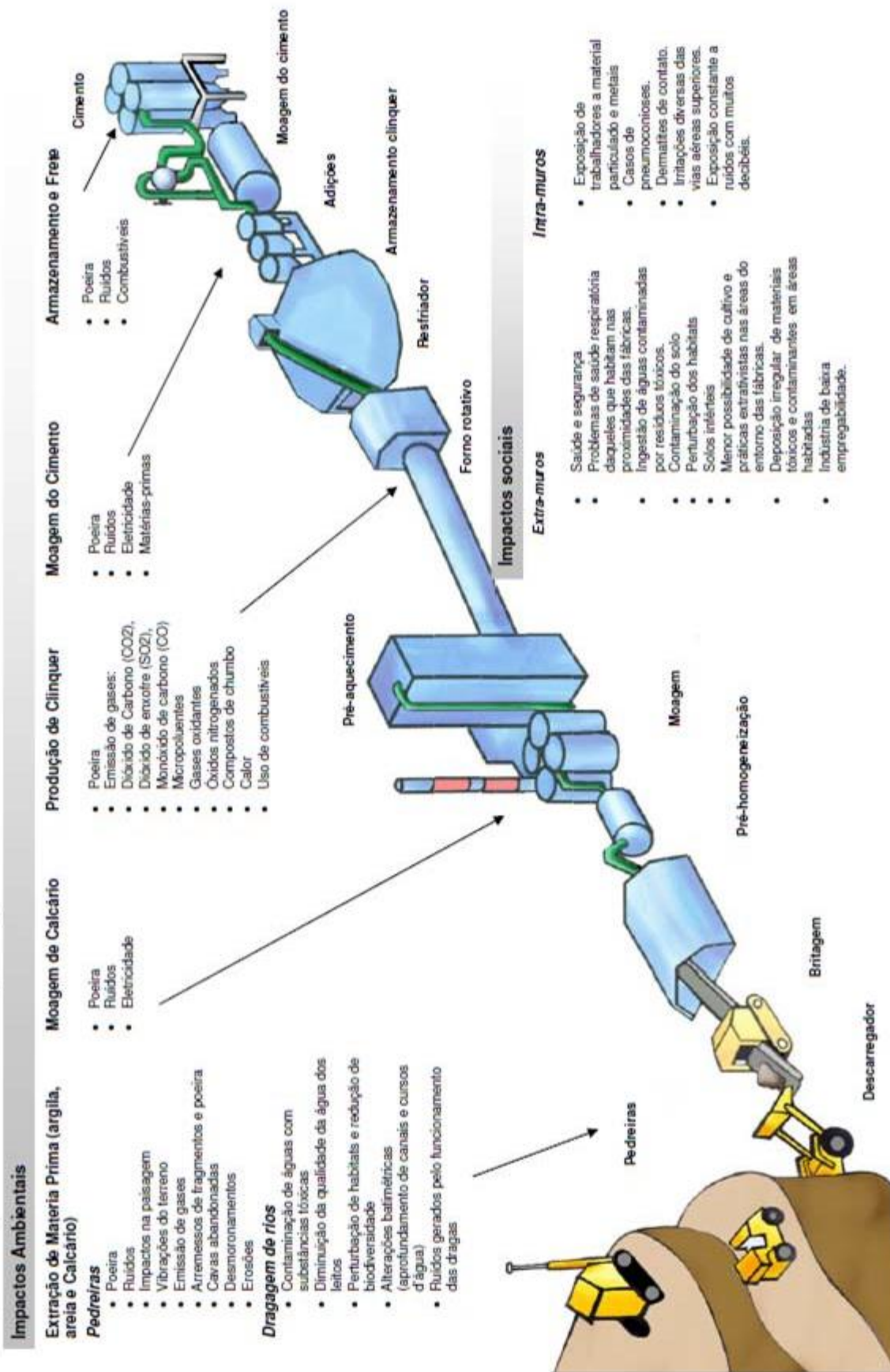


Figura 3: Aspectos e impactos socioambientais no processo produtivo do cimento.
 Fonte: Maria Beatriz Maury (2008)

Analisando a figura desenvolvida por Maury, ficam evidentes os inúmeros impactos socioambientais ao meio ambiente. Em primeira análise é possível mensurar os danos levando em conta uma escala local, mas ampliando os olhares os impactos tomam proporções de difícil cálculo, tendo em vista que a indústria da construção civil convencional – baseada no uso do concreto armado – continua em constante crescimento em todos os continentes do planeta.

Após o processo industrial que os materiais são submetidos, estes novamente são transportados para os centros urbanos, para que posteriormente sejam utilizados nos canteiros de obra, resultando em mais impactos ambientais.

Analisando os canteiros de obras, dois fatores chamam bastante atenção: a geração e o descarte de resíduos - muitas vezes irregular - As autoras Moraes e Souza (2015) são taxativas: “para que haja uma evolução no futuro da Construção Civil em nível de sustentabilidade, se faz necessário pensar em reduzir consideravelmente os resíduos gerados por ela”. (AGOPYAN; JOHN, 2011 apud. MORAES; SOUZA, 2015 p. 179)

Na construção, a grande quantidade de resíduos produzidos é um problema muito relevante, principalmente no Brasil, em que na maioria dos casos as construções são baseadas no sistema tradicional com o uso de tijolos e argamassa, sendo que muitas vezes o traço do concreto é feito empiricamente e de maneira incorreta, resultando em mais resíduos e desperdício. (AGOPYAN; JOHN, 2011 MORAES; SOUZA, 2015 p. 180).

“Quanto aos resíduos de construções e demolições, da ordem de 500 quilos por habitante anualmente, já representam volume maior que o de lixo urbano domiciliar e de escritórios.” (JOHN, 2008. Revista Finestra N° 55)

Moraes e Souza (2015) afirmam que o recolhimento de uma parte dos resíduos geralmente é feito por empresas privadas e apenas 1/3 chega a ser reciclado:

Uma boa parte dos resíduos gerados pela construção são recolhidos por empresas privadas, se transformando num negócio lucrativo. Mas apenas 1/3 do total de entulho produzido em obras no Brasil consegue ser reciclado nestas empresas. (AGOPYAN; JOHN, 2011 MORAES; SOUZA, 2015 p. 180).

O restante do entulho que não é reciclado é levado à aterros sanitários, entretanto, conforme abordado anteriormente, a construção civil produz muito entulho, o que conseqüentemente reduzirá a capacidade dos aterros. Algumas vezes o entulho é também destinado ao descarte ilegal, em lotes vagos e beira de cursos d'água por exemplo, facilitando a disseminação de vetores de doenças e contaminação.



Figura 4: Descarte irregular de resíduos da construção civil.
Fonte: <http://www.folharibeiraopires.com.br/portal/exibeMateria.php?materia=21707>

Ângulo, Zordan e John (2001) afirmam que os resíduos se tornaram um sério problema urbano, pois o seu gerenciamento é complexo e envolve um grande investimento financeiro, considerando tudo o que já foi acumulado, principalmente após 1980. Os principais problemas apontados pelos autores são: Escassez de áreas de deposição de resíduos, altos custos sociais no gerenciamento e problemas de saneamento/contaminação ambiental. (JOHN, 1999; JOHN, 2000; BRITO, 1999; GÜNTHER, 2000; PINTO, 1999 *apud*

ÂNGULO; ZORDAN; JOHN 2001)

Os pontos apontados neste item do presente trabalho exibem muito bem o alarmante potencial de degradação e o excessivo gasto energético inerente à cadeia produtiva da construção civil convencional.

1.6 A construção civil em uma “Sociedade de Riscos”:

A principal dúvida frente aos impactos socioambientais originados do modelo convencional e intensivo de produção da indústria da construção civil é a seguinte: quem arca com os prejuízos causados pela super-exploração dos recursos naturais? Como é a distribuição dos riscos gerados por essa atividade? Será que essa distribuição é equitativa entre os países do globo? São essas e outras questões que têm estado em evidência nos últimos tempos.

É necessário caracterizar os riscos referidos e Ulrich Beck (1999) afirma que estamos vivendo hoje em uma ‘Sociedade de Risco’, na qual

O desenvolvimento da ciência e da técnica não poderiam mais dar conta da predição e controle dos riscos que contribuiu decisivamente para criar e que geram consequências de alta gravidade para a saúde humana e para o meio ambiente, desconhecidas a longo prazo e que, quando descobertas, tendem a ser irreversíveis [...] o conceito de sociedade de risco se cruza diretamente com o de globalização: os riscos são democráticos, afetando nações e classes sociais sem respeitar fronteiras de nenhum tipo. Os processos que passam a delinear-se a partir dessas transformações são ambíguos, coexistindo maior pobreza em massa, crescimento de nacionalismo, fundamentalismos religiosos, crises econômicas, possíveis guerras e catástrofes ecológicas e tecnológicas, e espaços no planeta onde há maior riqueza, tecnificação rápida e alta segurança no emprego. (Beck, 1999 apud. Guivant. 2001 p. 95)

Sendo assim, através da definição de Beck (1999) é possível afirmar que os riscos, ocasionados pela construção civil convencional, também são globais, sem fronteiras. Porém, esses riscos não são distribuídos de forma equitativa ou equivalentes, são os países pobres e pouco desenvolvidos, que acabam por pagar os pesados prejuízos impostos pelos riscos globais. Esses riscos, levando em conta a lógica capitalista, assemelham-se ao conceito de externalidades, expresso por Pindyck e Rubinfeld (1994) como a "ação de um produtor ou consumidor que afete outros produtores ou consumidores,

entretanto não levada em consideração no preço de mercado". (PINDYCK ; RUBINFELD, 1994 p.904)

Considerando a aceleração da construção civil convencional, baseada na super-exploração de aço, cimento, areia, brita e outros materiais, é importante abordarmos a distribuição das dívidas geradas pela ocupação de um **espaço ambiental**³ maior que o próprio território, principalmente por parte dos países do norte, considerados "desenvolvidos".

Esses países e seus sistemas de produção "desenvolvidos", além de serem considerados como "molde" para a implementação de políticas públicas mundo afora, originam uma **dívida ecológica**⁴ (Azar & Holmberg, 1995 *apud* Martínez-Alier 1999, p. 217) decorrente de anos de uma excessiva exploração dos recursos naturais, essa dívida é transferida para os países economicamente mais vulneráveis, através da invenção de novos mecanismos capitalistas, como os mercados créditos de carbono e os selos verdes, com o objetivo de tentar 'reverter' a dramática situação ambiental do planeta.

Martínez-Alier (1999) argumenta que esta dívida ecológica não é direcionada somente para as futuras gerações, mas também aos integrantes da nossa atual geração que estão usando um espaço ambiental reduzido.

Ou seja, populações de locais distintos no mundo acabam sofrendo as externalidades negativas inerentes aos processos produtivos capitalistas, que buscam acima de tudo, gerar lucros para os grandes setores de produção, dentre eles, o da construção civil.

Com base na bibliografia estudada, é possível perceber o desenvolvimento como algo que carrega mais ameaças do que promessas, sendo essas ameaças distribuídas de forma não equitativas. (SACHS,2000)

Os países mais avançados econômica e tecnologicamente têm melhores condições de superar as crises ambientais e os países que não possuem tais recursos acabam ficando mais vulneráveis a catástrofes globais,

³ **Espaço ambiental** - "O espaço geográfico ocupado por uma economia, levando em conta importações de recursos naturais e lançamento de emissões." (Amigos da Terra, Holanda 1993 *apud* Martínez-Alier 1999, p. 227).

⁴ **Dívida Ecológica** - "Cobrança de danos causados por países ricos devido a emissões excessivas no passado (por exemplo CO₂) ou a pilhagem de recursos naturais" (IEP Chile, 1992; Azar, 1994; Borrero, 1993 *apud* Martínez-Alier 1999, p. 227).

comprovando a desigualdade promovida pelo desenvolvimento nos moldes capitalistas.

Considera-se nesse trabalho, portanto, que o desenvolvimento sustentável ideal seria baseado em uma distribuição igualitária dos riscos globais e dos recursos financeiros gerados por uma suposta exploração controlada dos recursos naturais.

Além disso, é necessário maior enfoque no que diz respeito à diminuição do consumo, bem como meios mais eficientes de produção que respeitem também modos tradicionais de reprodução cultural.

Desta maneira a adoção de sistemas contra-hegemônicos (apesar das dificuldades de implantação, resultantes da pressão imposta pelo sistema capitalista) é uma possibilidade e uma necessidade para desacelerar ou até mesmo evitar novas ameaças, como as decorrentes do intensivo processo de construção civil. É preciso pensar transdisciplinarmente no que diz respeito à formulação de políticas públicas e projetos de construção, tendo em vista que uma ação pode ser economicamente viável, porém com impactos sociais e ambientais irreversíveis.

De acordo com o engenheiro Vanderley John (2008), as pessoas naturalmente apresentam resistência a mudanças, mas para ele o maior desafio é mudar as instituições de ensino, as universidades, pois sem uma pressão externa significativa, não haverá uma modernização do ensino superior brasileiro.

Segundo o autor as universidades não estão preparando os alunos para a questão ambiental, pois apesar da criação de cursos de engenharia ambiental, que levam em consideração sobretudo o saneamento, o verdadeiro desafio é introduzir as questões socioambientais no currículo de engenheiros e arquitetos, para que os projetos sejam mais integrados. Apesar dos avanços das pesquisas, o material didático utilizado pelas universidades não é capaz de incorporar estes avanços ao ensino. (JOHN, 2008)

Por outro lado existe o pragmatismo industrial, pois caso seja notável uma queda mercadológica, serão destinados investimentos em sustentabilidade. “É preciso avançar em mudanças de padrões de beleza e sonhos de vida. O

nosso mundo vai ter que mudar, nós vamos ter que mudar, pois a cada dia que passa teremos menos opções.” (JOHN, 2008)

Neste contexto, a bioconstrução, ou também chamada de construção sustentável, pode ser considerada uma estratégia capaz de aliar os conhecimentos e técnicas milenares da construção civil com as tecnologias contemporâneas, de modo que os impactos originados da atividade sejam mitigados e que as estruturas estejam em sintonia com a dinâmica local. Entretanto, para essa filosofia ser incorporada em grande escala pelo mercado da construção civil, é necessária a demanda da sociedade por projetos contra hegemônicos, assim como afirmado por John (2008).

2 CAPÍTULO 2: A BIOCONSTRUÇÃO COMO ALTERNATIVA AOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.

2.1 Sustentabilidade na Construção Civil e a Bioconstrução:

Há cerca de 10.000 anos, os seres humanos constroem suas habitações utilizando materiais naturais locais, especialmente a terra. Apenas nos últimos 100 anos é que os materiais industrializados ganharam força para substituir os recursos em sua forma natural e serem considerados como base da construção civil. (SANTORO; PENTEADO, 2009 p.2)

Conforme abordado no capítulo anterior, a sociedade industrial é baseada no consumo (sistema capitalista) e na extração de recursos naturais de forma indiscriminada. Decorre daí, além de impactos socioambientais, paradigmas que “fazem com que os próprios homens acreditem serem dependentes dessa sociedade industrial e consumista” (SANTORO; PENTEADO, 2009 p.2)

O início dos debates a respeito da necessidade de construções com menores impactos ao meio ambiente, segundo KRZYZANOWSKI (2005), ocorreu nos anos 70, após a Primeira Crise do Petróleo (1973). O mundo, movido pelo mercado industrial capitalista, deparou-se com a escassez de recursos energéticos, forçando os seguimentos da economia a pensarem em como tornar os processos industriais, produtos e edificações mais eficientes. (KRZYZANOWSKI, 2005)

A partir da 2ª Conferência Mundial para o Desenvolvimento e Meio Ambiente – Rio’92, começaram a surgir estudos que resultaram em sistemas construtivos, não somente energeticamente eficientes, mas que congregaram os conceitos de ecologia e desenvolvimento em seus processos, tendo como resultado a ideia da Construção Sustentável. (KRZYZANOWSKI, 2005)

A partir de construções com um planejamento consciente, que considere todas as influências e inter-relacionamentos que ocorrem entre os elementos de um sistema vivo, é possível que o ser humano trabalhe em harmonia com as leis e princípios ecológicos, construindo assim, além de habitações saudáveis, um futuro seguro em relação aos recursos naturais. (SANTORO; PENTEADO, 2009 p.2)

Para Márcio Araújo (2008), consultor do IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica, o conceito de construção

sustentável é baseado na criação de um modelo que possa ser capaz de enfrentar e elaborar resoluções aos principais problemas ambientais, sem deixar de lado as tecnologias atuais e a criação de edificações capazes de suprir as demandas de seus usuários. É preciso uma visão multidisciplinar, complexa e integradora, visando replicar a diversidade mundial.

A construção sustentável edifica microcosmos. Em seu arcabouço teórico encontram-se conhecimentos de arquitetura, engenharia, paisagismo, saneamento, química, elétrica, eletrônica, mas também de antropologia, biologia, medicina, sociologia, psicologia, filosofia, história e espiritualidade. (ARAÚJO, 2008 p.1)

A construção sustentável é também definida de maneira multidisciplinar por SILVA (2003) *apud* KRZYZANOWSKI (2005) como o compromisso com a:

- **Sustentabilidade econômica:** aumentar a lucratividade e crescimento através do uso mais eficiente de recursos, incluindo mão de obra, materiais, água e energia.
- **Sustentabilidade ambiental:** evitar efeitos perigosos e potencialmente irreversíveis no ambiente através de uso cuidadoso de recursos naturais, minimização de resíduos, e proteção e, quando possível, melhoria do ambiente.
- **Sustentabilidade social:** responder às necessidades de pessoas e grupos sociais envolvidos em qualquer estágio do processo de construção (do planejamento à demolição), provendo alta satisfação do cliente e do usuário, e trabalhando estreitamente com clientes, fornecedores, funcionários e comunidades locais. (SILVA, 2003 *apud* KRZYZANOWSKI, 2005 p. 64)

Ainda segundo Silva (2003) *apud* Krzyzanowski (2005):

(...) buscar uma indústria da construção mais sustentável é fornecer mais valor, poluir menos, ajudar no uso sustentado de recursos, responder mais efetivamente às partes interessadas, e melhorar a qualidade de vida presente sem comprometer o futuro. Construção sustentável não é desempenho ambiental excepcional à custa de uma empresa que saia do mercado, nem desempenho financeiro excepcional, à custa de efeitos adversos no ambiente e comunidade local. (SILVA, 2003 *apud* KRZYZANOWSKI, 2005 p. 65)

Araújo (2008) considera a construção sustentável como uma convergência de tendências e de termos como: “arquitetura ecológica, arquitetura antropológica, arquitetura orgânica, arquitetura bioclimática, bioarquitetura, bioconstrução, arquitetura sustentável, construção ecológica, construção e arquitetura alternativas, e permacultura”, entre outros. Para ele, os variados tipos de construção sustentável resumem-se basicamente em dois modelos:

- a) construções coordenadas por profissionais da área , utilizando-se ecoprodutos e tecnologias sustentáveis modernas, fabricados em escala, dentro das normas e padrões vigentes para o mercado;
- b) sistemas de autoconstrução, feitos pelo próprio interessado ou usuário, sem contar diretamente com suporte de profissionais (daí serem chamados de autoconstrução). Esse tipo de construção ultrapassa mais de 60% das obras civis no Brasil e incluem grande dose de criatividade, vontade pessoal do proprietário e responsável pela obra. (ARAÚJO, 2008. Apêndice)

O IPEC - Instituto de Permacultura Ecovilas do Cerrado, afirma que o termo bioconstrução foi pioneiramente utilizado no evento Bioconstruindo 2001, sendo este um evento da construção natural que se repete anualmente no ecocentro de Pirinópolis. (IPEC, 2005).

André Soares (2007), permacultor e fundador do Ecocentro IPEC – Instituto de Permacultura e Ecovila do Cerrado, afirma que técnicas de bioconstrução “são métodos de construção em que se predomina a utilização de materiais naturais, locais, e de tecnologias brandas”. Segundo Soares (2007), a bioconstrução engloba métodos naturais de construção que buscam a integração do homem com o ambiente através da:

- Análise do ciclo de vida de cada material utilizado;
- Análise de onde vem cada material e pra onde vai;
- Não utilização de materiais tóxicos (coadjuvantes) e descartáveis;
- Valorização dos materiais locais;
- Utilização de técnicas inteligentes de materiais de mercados industriais;
- Racionalização do uso da água e promoção de tratamentos naturais dos efluentes (esgoto) – reciclagem e reuso;
- Busca pela utilização de fontes de energias renováveis e eficiência energética através de desenhos arquitetônicos bioclimáticos.

Para Araújo (2008) a construção natural, ou bioconstrução, é definida como o sistema construtivo mais próximo da realidade da própria natureza, pois integra a edificação com o ambiente natural, realizando poucas modificações. Esse sistema realiza suas atividades com o uso de materiais locais (terra, bambu, madeira, rochas, entre outros); As tecnologias empregadas são de baixo custo e de impacto ambiental reduzido, visando o mínimo de

desperdício. Assim, o cerne da Bioconstrução é “promover um fluxo harmônico das construções com as condições e recursos disponíveis no local”. (ARAÚJO, 2008)

Este sistema, quando planejado de maneira avançada e inserido nos princípios da autoconstrução, é também conhecido como **Permacultura**. (ARAÚJO, 2008)

A palavra “permacultura” é um neologismo cunhado pelo australiano Bill Mollinson a partir da aglutinação das palavras perma(nente) e (agri)cultura. A permacultura, mais do que um modo sustentável para construção, consiste num estilo de vida sustentável, que toma por base a agricultura e o chamado “design da natureza”, de forma a criar um ambiente que integre o ser humano ao meio ambiente. (ARAÚJO, 2008. Apêndice)

2.2 A flor da Permacultura:

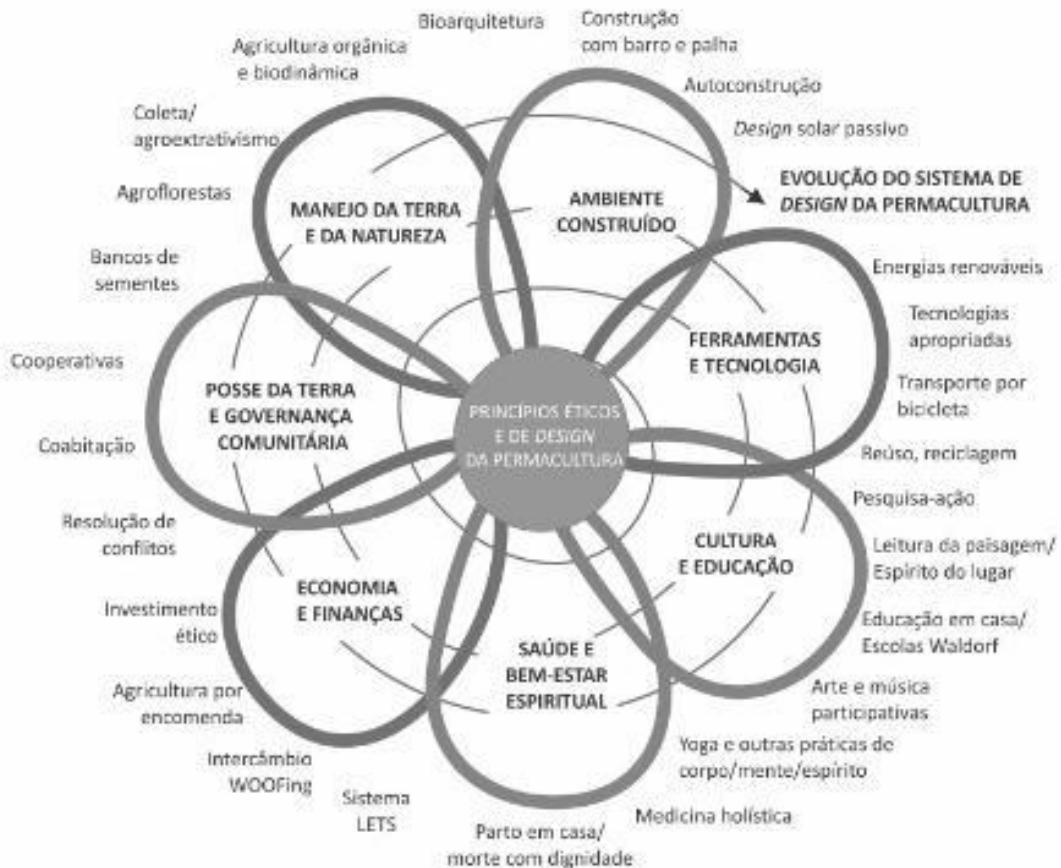


Figura 5: A flor da Permacultura - Fonte: HOLMGREN, David ; ARAÚJO, Luzia 2013

Na flor da permacultura cada pétala representa ações que devem ser incorporadas aos hábitos diários. Os princípios da permacultura se iniciam com a Ética e os princípios de Desenho, permeando por etapas fundamentais em busca da criação de uma cultura equilibrada. Essas etapas incorporam um caminho evolutivo, inicialmente em nível pessoal e local, posteriormente, coletivo e global (IPOEMA, 2016). A proposta da permacultura visa contrapor o sistema hegemônico autodestrutivo, o qual se mostra cada vez mais insustentável.

3 CAPÍTULO 3: CONSTRUÇÃO COM TERRA

3.1 A terra crua como material de construção:

A terra é um material abundante, ou seja, existe em grande quantidade e em múltiplos locais, sendo também um material de fácil acesso. Pode ser usada de diversas formas e técnicas, além de ter um impacto ambiental muito baixo e de proporcionar construções com uma bela estética.

O uso da terra como material de construção é tão antigo quanto a própria humanidade. Alguns dos monumentos e conjuntos arquitetônicos classificados como patrimônio mundial pela UNESCO, têm como principal material construtivo a terra, como por exemplo: “[...] a aldeia de Ait-Bem-Haddou, em Marrocos, a mesquita de Djenné, no Mali, a cidadela de Chan Chan, no Peru, ou a cidade antiga de Shibam, no Iêmen”(Gonçalves & Gomes, 2009. P.1)



Figuras 6 e 7: Cidade de Shibam no Iêmen, edifícios construídos com blocos de lama seca (adobe).

Copyright: © Editions Gelbart **Autor:** Jean-Jacques Gelbart

De acordo com as pesquisadoras Teresa Diaz Gonçalves e Maria Idália Gomes (2009), a terra, como material de construção, foi e é utilizada em todos os continentes, o que reflete a sua universalidade. As autoras ressaltam também a importância do material pelo fato de que, na atualidade, pelo menos 30% da população do mundo vive ou trabalha em construções de terra, especialmente na Ásia, na África e na América do Sul.

As técnicas tradicionais, que tem como base o uso da terra crua, são caracterizadas como técnicas vernaculares, pois utilizam materiais e recursos disponíveis no próprio local da construção. Essas técnicas vernaculares proporcionam uma heterogeneidade nos padrões construtivos, mesmo que

sejam construções em terrenos relativamente próximos, já que cada local possui especificidade de materiais e de recursos disponíveis. Apesar disso, é possível distinguir alguns tipos principais de técnicas, sendo a maior parte de gênese tradicional. (Gonçalves & Gomes, 2009. P.1)

3.2 A terra crua como material de construção no Brasil:

Diversas técnicas de construção foram aportadas no Brasil juntamente com a chegada dos portugueses, resultando no uso da terra crua (solo em seu estado natural e argila) como material base para a construção. As técnicas construtivas foram aperfeiçoadas e amplamente utilizadas no Brasil, por pelo menos três séculos, adaptando-se às condições culturais e às especificidades dos materiais de cada local. “À parte, outras técnicas e sistemas construtivos, as que utilizavam terra crua tiveram vida longa ou mesmo sobreviveram incólumes sobre estruturas sociais e econômicas até os dias atuais”. (TINOCO & ARAÚJO. 2007. P.1)

Jorge Eduardo Lucena Tinoco e Roberto Antônio Dantas de Araújo (2007), pesquisadores do CECI – Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada, consideram que, de maneira geral, o uso contemporâneo da terra é feito sobre três vertentes:

- Conservação e restauro do patrimônio arquitetônico;
- Pesquisas orientadas à otimização de suas características técnico-construtivas, à luz da engenharia moderna;
- Persistente e disseminada utilização nas habitações populares, particularmente no ambiente rural.

Gonçalves e Gomes (2009) afirmam que o mercado da construção civil tem despertado um crescente interesse na construção com terra crua, principalmente pelas seguintes razões:

- **As vantagens ambientais que proporciona:** baixo consumo energético durante a fabricação/transporte dos materiais e também na própria construção; facilidade de reciclagem, pois considerando os elementos de terra da construção, pode envolver apenas a simples desagregação e englobar 100% do material.

- **Grande variedade de possibilidades de designs arquitetônicos**, possibilitando um caráter estético particular e muito atual.
- **Conforto térmico, hídrico, e acústico que a terra proporciona**, resultantes da sua baixa condutividade térmica e isolamento acústico, decorrentes da grande presença de ar no material e da significativa massa das paredes de terra; a sua higroscopicidade, que proporciona uma relativa regulação da humidade do ambiente construído.
- **O custo da construção com terra crua**: pode apresentar uma variação, de acordo com as técnicas utilizadas e as especificidades locais, como por exemplo a disponibilidade de materiais, bem como o preço da mão de obra qualificada e o conhecimento técnico disponível. Mas de forma geral, o baixo custo, em comparação com a construção convencional, pode ser uma das grandes vantagens da construção com terra.

No que se refere às limitações da construção com terra, Gonçalves e Gomes (2009) apontam as principais: a baixa resistência sísmica e a sensibilidade à ação da água.

Essas limitações devem ser levadas em consideração de acordo com as características locais e podem ser minimizadas com disposições construtivas adequadas, a exemplo de:

- reforço das paredes de terra com estrutura de madeira ou mesmo a associação destas paredes a uma estrutura de concreto ou de aço em zonas sísmicas;
- utilização de fundações, embasamentos, coberturas e revestimentos que permitam uma adequada proteção em relação à água. De fato, muitas técnicas tradicionais de terra crua utilizadas em zonas húmidas recorrem a este tipo de soluções, com resultados muito positivos, como decorre da sobrevivência de construções de terra centenárias. (Gonçalves & Gomes, 2009. P.1)

3.3 Principais técnicas de construção com terra:

Entre as técnicas de construção com terra podemos considerar o Superadobe, o Adobe, Taipa de Mão (Pau a Pique) e a Taipa de Pilão como as mais comumente utilizadas.

Todas as técnicas que serão descritas a seguir devem estar apoiadas sobre uma boa fundação, a qual poderá ser de pedras, caso estejam disponíveis no local, de concreto, ou até mesmo terra compactada.

A principal função da fundação é distribuir o peso da casa para o solo. Sendo assim, é preciso considerar o tipo de construção, a altura da casa e o tipo de solo a ser utilizado. (BRASIL, Ministério do Meio ambiente. 2008)

Na parte em que ficará sob a terra, a fundação deve apresentar uma largura maior que a da parede que será construída. É importante que essa fundação seja elevada por cerca de 15cm acima do nível do solo para que as paredes de terra não absorvam umidade, mantendo-as secas e seguras. (BRASIL, Ministério do Meio ambiente. 2008)

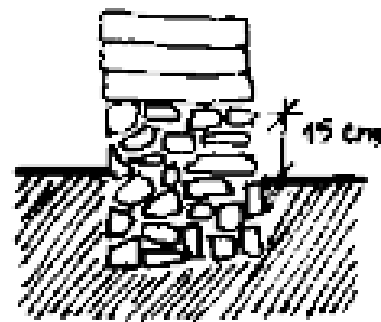
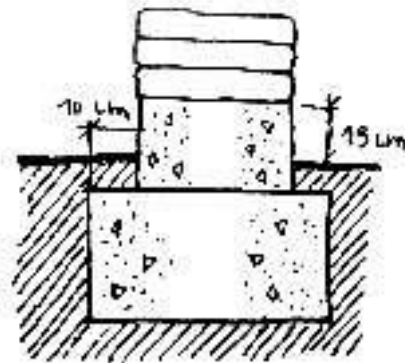


Figura 8: Fundações. Fonte:(Brasil. Ministério do Meio ambiente, 2008)



Figura 9: Montagem das paredes de superadobe. Fonte: Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 2008)

3.3.1 Superadobe:

O Superadobe consiste em uma técnica de biocostrução que utiliza terra ensacada e comprimida em sacos de rafia (em rolo ou sacos individuais reaproveitados). Para ensacar a terra, é necessário o uso de um tubo com cerca de 25cm de diâmetro, que servirá como um funil. Quando os sacos de rafia estiverem cheios, eles serão posicionados em seu local final e comprimidos com o auxílio de um pilão. É importante que os sacos estejam bem cheios para que não

fiquem bolsões de ar dentro, podendo comprometer a estrutura. (BRASIL, Ministério do Meio ambiente. 2008)

Na medida em que a parede vai sendo erguida, a cada duas ou três fiadas, deve-se colocar duas linhas de arame farpado, principalmente nas esquinas, para que garanta que um saco esteja bem preso ao outro. (BRASIL, Ministério do Meio ambiente. 2008) É preciso planejar bem onde serão feitas as aberturas da casa, como as portas e janelas.

A qualidade da ventilação e da iluminação no interior da casa dependerá do planejamento das aberturas. Uma das formas de fazer é ir erguendo as paredes e colocar uma verga de madeira nos locais onde estarão as partes SUPERIORES de cada janela, e seguir com a construção normalmente. Quando as paredes estiverem terminadas, marcamos com uma caneta o vão das janelas e logo fazemos os buracos com uma espátula ou com uma motosserra. (BRASIL, Ministério do Meio ambiente. 2008)

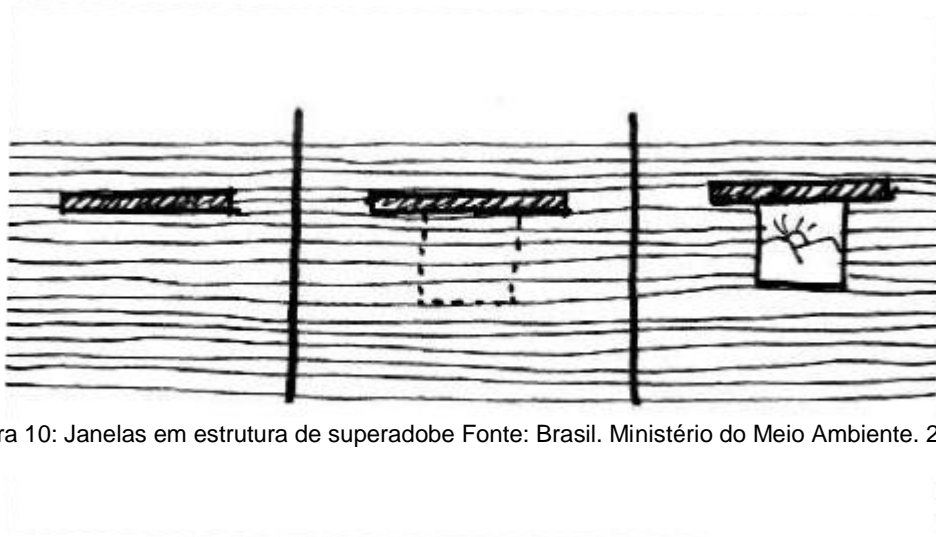


Figura 10: Janelas em estrutura de superadobe Fonte: Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 2008)

No que diz respeito à cobertura da estrutura, é possível que ela seja apoiada diretamente sobre a parede de superadobe, uma vez que esta, quando bem feita, se torna muito forte e, assim, não é necessário fazer uma cinta. (BRASIL, Ministério do Meio ambiente. 2008)



Figura 11: Fazendo paredes de Superadobe. Fonte: Michel Habbib, www.espacomaita.com.br



Figura 12: Casa feita em Superadobe. Fonte: Google imagens

3.3.2 Taipa de Pilão

Essa fascinante técnica recebe tal denominação pelo modo como é feita, o qual ocorre através da compactação da terra dentro de uma forma de madeira ou de metal com o auxílio de um pilão. A forma que sustenta o material durante processo é denominada de taipal, nomenclatura esta que até hoje representa os componentes laterais de formas de madeira. (PISANI, 2004)

A taipa de pilão, que é encontrada no Brasil desde o período colonial, é feita com terra retirada de local próximo à construção, tendo em vista a dificuldade de transporte e a grande quantidade de terra necessária. (PISANI, 2004)

A terra a ser utilizada deve estar livre de pedregulhos e matéria orgânica, como gravetos e restos vegetais, pois eles podem comprometer a resistência final do material. “A terra é removida de uma certa profundidade para evitar as impurezas acima citadas e por apresentar normalmente um grau de umidade satisfatório, não necessitando da adição de água para compor a dosagem correta”. (PISANI, 2004)

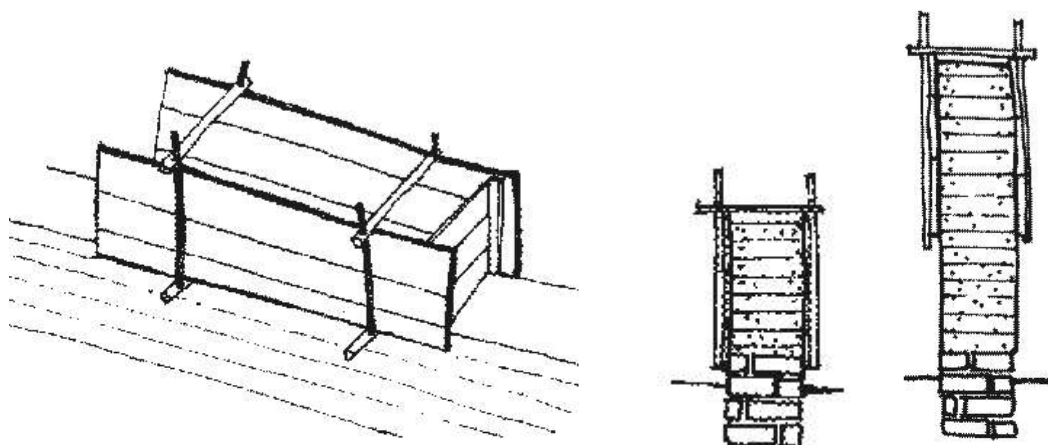


Figura 13: Formas para parede de Taipa de Pilão. Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2008



Figura 14: Forma da Taipa de Pilão. Fonte: <http://www.ecoeficientes.com.br/taipa-de-pilao/>



Figura 15: Parede de Taipa de Pilão. Fonte: <http://sustentarqui.com.br/>

3.3.3 Adobe:

O adobe é um recurso da construção civil muito antigo e eficiente. É um tijolo feito a partir da mescla de barro e de palha em um molde, e o processo de secagem ocorre de forma natural. É uma técnica de baixo impacto ambiental, já que em sua composição não há a presença de cimento, bem como não depende de combustível para a secagem dos tijolos.

As construções de adobe, uma vez bem realizadas, podem durar muitas décadas. É uma técnica que está sendo cada vez mais resgatada e valorizada, apesar de haver ainda muito preconceito em relação à sua utilização. (BRASIL, Ministério do Meio ambiente. 2008)

Preparação da Terra:

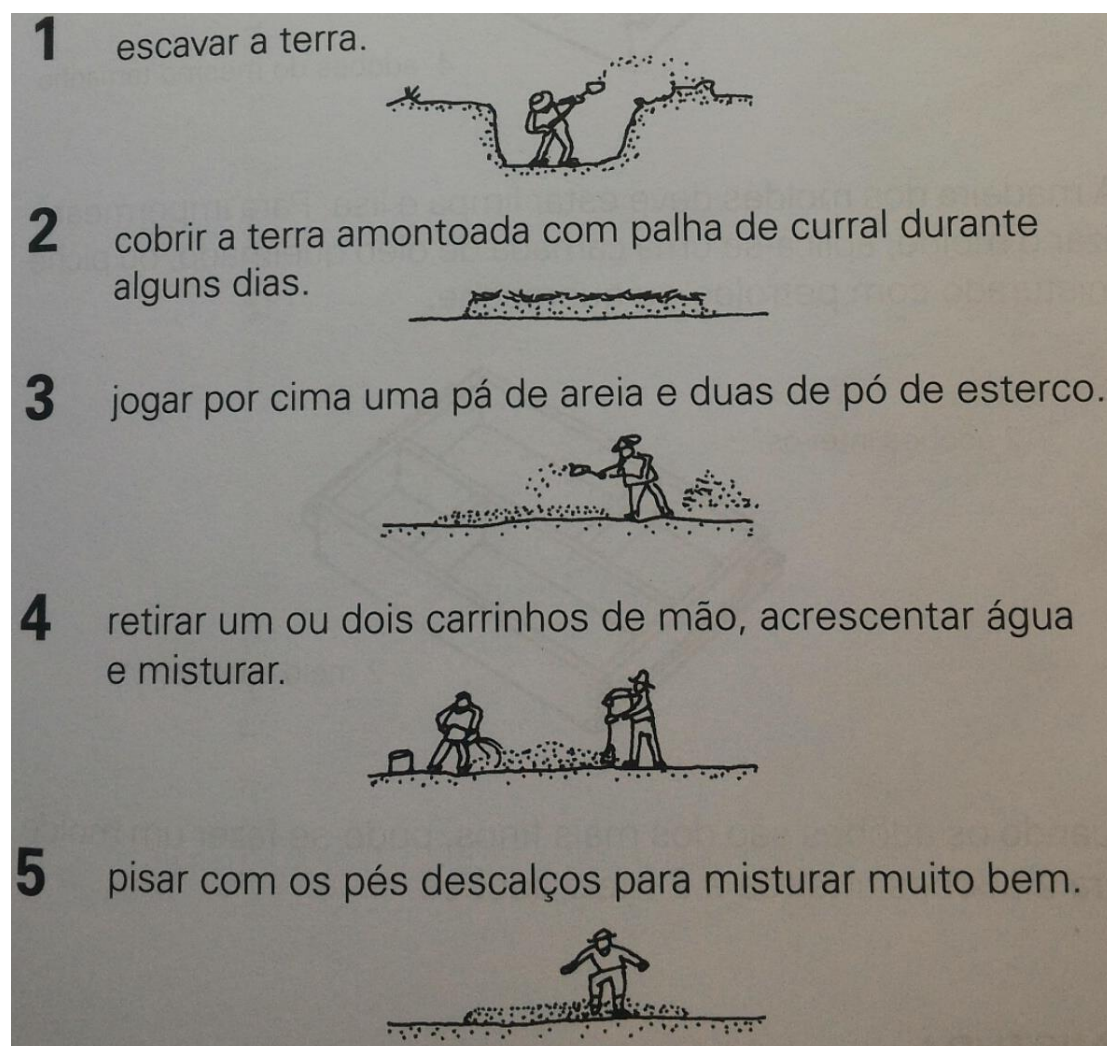


Figura 16: Preparo da Terra. Fonte: Johan Van Lengen, Manual do Arquiteto Descalço, 2008.



Figura 17: Preparo da massa de Terra. Fonte: Arquivo pessoal

“Se a quantidade de areia for igual ou até duas vezes a quantidade de argila, a terra é boa para construir e não será preciso acrescentar areia nem argila à mistura” (LENGEN, 2008)

É claro que não há uma padronização dos tipos solo, como apresentado anteriormente. Desse modo, levando-se em consideração as condições da terra de cada local serão necessárias pequenas variações na mistura, mas o traço básico, segundo Lengen (2008) é este:

MATERIAL	PROPORÇÃO
Areia	4 – 8 partes
Argila	4 partes
Água	4 partes

O uso da palha picada na mistura possibilita conforto térmico, bem como mais resistência ao tijolo, uma vez que ela funciona como um tipo de armação. Pode-se também utilizar esterco em pequenas quantidades para que a mistura se torne mais resistente tanto à umidade quanto ao desgaste devido ao tempo. (LENGEN, 2008)

A mistura:

Primeiro, a mistura deve descansar com um pouco de água durante, aproximadamente, três dias para que haja a fermentação da matéria

orgânica. Passados os três dias, acrescenta-se mais um pouco de água, até que a massa atinja uma consistência que a deixe flexível para ser colocada dentro dos moldes dos adobes. (LENGEN, 2008)

É necessário fazer moldes de madeira no formato desejado para o adobe. O tamanho tradicional era 10x40x40 cm, mas, atualmente, utiliza-se adobes com tamanhos diferenciados, de acordo com o gosto e a necessidade de cada pessoa. (LENGEN, 2008)

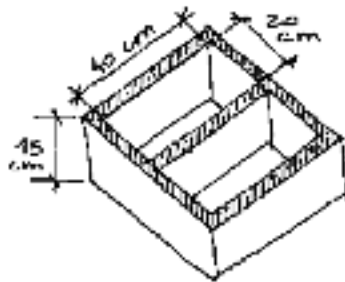


Figura 18: Forma para adobe. Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2008

Como moldar os adobes:

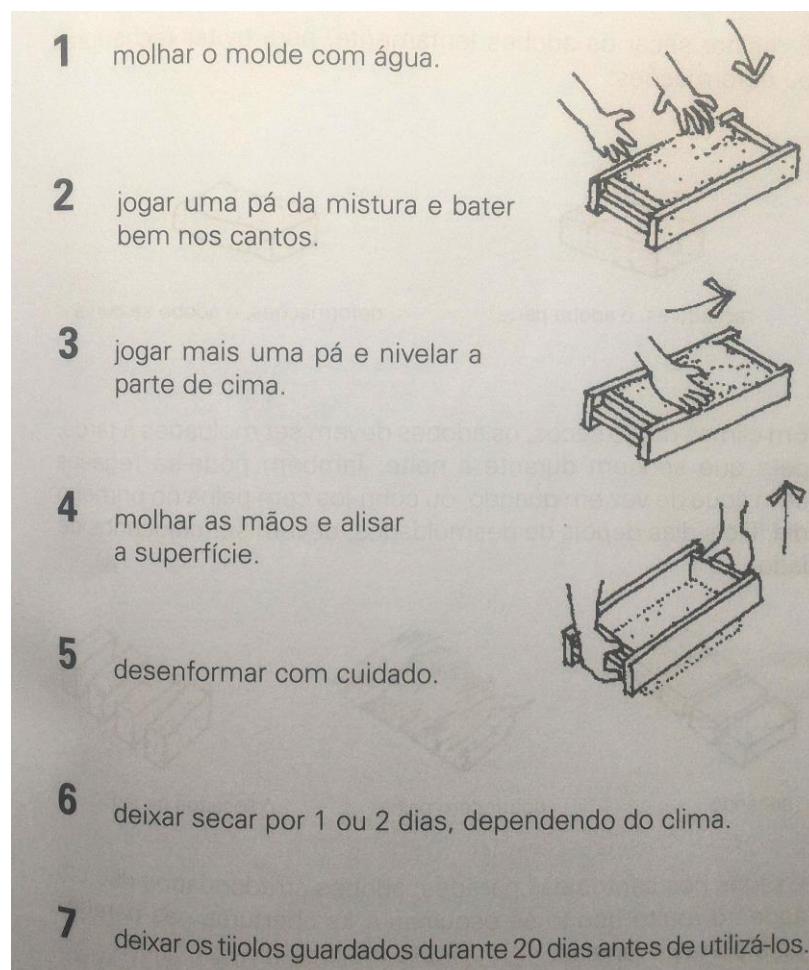


Figura 19: Moldando os adobes. Fonte: Johan Van Lengen, Manual do Arquiteto Descalço. 2008

Quando os adobes forem retirados dos moldes, devem manter preservada a sua forma. Caso haja deformação, é sinal de que a mistura está muito hidratada (LENGEN, 2008)



Figura 20 Secagem de adobes ao ar livre. Fonte: Foto cedida por Joana Sousa



Figura 21: Construção feita com adobes em León - Mex. Fonte: www.tibarose.com.br

3.3.4 Taipa de Mão (Pau a Pique)

A taipa de mão é também popularmente conhecida como pau a pique. Esta é também uma técnica construtiva que aportou no Brasil durante o processo de colonização português, sendo vastamente utilizada, principalmente, em meio rural. (BRASIL, Ministério do Meio ambiente. 2008)

Johan Van Lengen (2008) afirma que, para construir paredes de pau a pique, é recomendável que:

- As fundações sejam de tijolos ou de pedra e que se ergam por no mínimo 30cm acima do nível do solo
- As partes de junção das paredes com as fundações, janelas e portas sejam impermeabilizadas e bem encaixadas, para que dificulte a passagem da água.
- As esquinas e coroamentos sejam reforçadas com materiais mais resistentes como madeira, bambu ou vergalhões.

Para dar forma às paredes e, posteriormente, preenche-las, é necessário a construção de um quadro de madeira, que pode ser feito com esteios, bambu, varas, galhos, entre outros. Estes são dispostos da seguinte maneira: os verticais são cravados na fundação e os horizontais são encaixados, afixados com prego ou amarrados, nos verticais formando uma trama. (LENGEN, 2008)

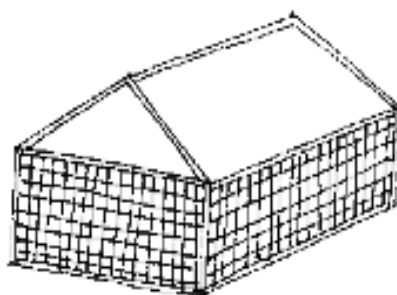


Figura 22: Trama da Taipa de Mão (Brasil. Ministério do Meio Ambiente, 2008)

Após finalizada a trama, cortam-se os espaços referentes às janelas e às portas, e são colocados seus respectivos marcos. Então, resta somente preencher a trama com a massa de terra, que poderá apresentar as mesmas proporções da massa para adobe, conforme caracterizada anteriormente. (LENGEN, 2008)

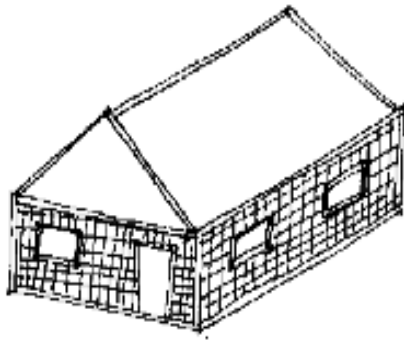


Figura 23: Trama de Taipa de mão com janelas e portas demarcadas. Fonte: (BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. 2008)

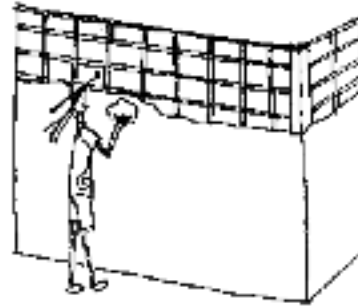


Figura 24: Preenchimento da trama com barro. Fonte: (BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. 2008)



Figura 25: Preenchimento de parede de Taipa de Mão. Fonte: <http://www.paraibuna.sp.gov.br/noticia.php?id=807>

4 CAPÍTULO 4: CONSTRUÇÃO COM BAMBU.

4.1 O Bambu como material de construção

O bambu é um vegetal da família das gramíneas (Gramineae) herbáceas de grande porte, lenhosas e de rápido crescimento. Os bambus são compostos por uma parte aérea (caule ou tronco), denominada de colmo, e por uma parte subterrânea, formada por um sistema de raízes chamado rizoma. (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008)

O colmo é a parte aérea que possui forma cilíndrica e que contém uma série de entrenós (ocos) separados de forma transversal por diafragmas, dos quais saem os ramos e a folhagem. As partes do colmo são cavidade, diafragma, nó, ramo, internó e parede. Os colmos possuem diâmetro, altura, espessura da parede e forma de crescimentos distintos, de acordo com a espécie. Alguns colmos apresentam apenas alguns centímetro de altura e poucos milímetros de diâmetro, sendo usados de forma ornamental, mas outros podem chegar a 40 metros de altura e até a 30 centímetros de diâmetro. (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008 p.118)

O bambu é uma planta encontrada em todos os continentes e em condições climáticas e de altitude diferenciadas. São mais de 1.300 espécies catalogadas, distribuídas em cerca de 45 gêneros distintos. A Ásia e as Américas são os continentes de origem das espécies e são, conseqüentemente, os locais em que há uma maior abundância de bambus. (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008)

Apesar de o Brasil possuir muitas espécies nativas, as que aqui se encontram não são as mais utilizadas, mas sim as espécies de origem asiática, as quais foram trazidas pelos colonizadores portugueses, pelos negros africanos e pelas populações ocidentais. (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008)

No Brasil e nas Américas, as espécies de bambu encontraram um ambiente propício para a disseminação, tornando-se tão comuns a ponto de serem consideradas nativas, assim como exposto por Barboza, Barbirato e Silva (2008):

Estas se adaptaram perfeitamente ao nosso clima, disseminando-se por todo o país e chegando a ser confundidas com espécies nativas. As principais são: *Bambusa vulgaris* (bambu-verde), *Bambusa vulgaris* variedade *vittata* (bambu-imperial), *Bambusa tuldooides* (bambu-comum), *Dendrocalamus giganteus* (bambu-gigante) e alguns

Phyllostachys denominados vulgarmente de bambu-chinês. Seu ciclo de vida está estimado entre 100 e 120 anos. (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008 p.118)

O bambu se espalha principalmente na zona tropical do planeta e, por esse fato, suas propriedades estão relacionadas com as condições encontradas nessas regiões. O clima tropical favorece o seu rápido crescimento, o qual pode chegar a mais de um metro por dia. Por outro lado, o clima úmido dessas regiões faz com que o bambu, assim que cortado, se torne um alvo de insetos, como o besouro (popularmente conhecido como broca) e o cupim, além de estar também suscetível ao crescimento de fungos, os quais irão causar o seu apodrecimento. Em decorrência disso, as construções com bambu, nessas condições, duram apenas cerca de dois anos⁵. (UGARTE; HABUSTA, 2011)



Figura 26: A broca (*Dinoderus Minutus*) Fonte: <http://bugguide.net/node/view/242023>

Figura 27: Bambu afetado por brocas. Fonte: <http://www.bamboocraft.net/forums/showthread.php?t=132>

⁵As bamboo is mostly spread in the tropics, its properties are related to conditions there. Of course the tropical climate encourages the quick growth of bamboo, that can be up to more than one meter in 24 hours - the largest growth was reported by K. Ueda in Japan 1955 and was 1.21 m in 24 hours. But on the other hand the same humid climate affects the bamboo once cut and makes it a target to destructive insects like the powder post beetle and termites as well as to rot fungus. This results in most constructive structures made from bamboo only lasting a period of about two years. (UGARTE; HABUSTA, 2011 p.13)

Mas, Ugarte e Habusta (2011) mostraram que a espécie *Guadua Angustifolia* é muito mais resistente à ação de insetos e de doenças. Estruturas feitas com esse tipo de bambu apresentaram uma durabilidade de sessenta anos⁶. Atualmente, estão em curso muitas pesquisas que visam compreender as propriedades mecânicas das espécies de bambu, mas, ainda, segundo Ugarte e Habusta (2011), não existem padrões globais de testes. Os resultados apresentados e as propriedades do bambu variam de acordo com a idade do colmo na hora do corte, os métodos de colheita utilizados, e, obviamente, a espécie em questão⁷.

Devido à sua composição de fibras, o bambu seco, ao ar livre, pode receber uma surpreendente quantidade de força de elasticidade que chega a atingir uma escala de 125 a 195 kg/cm². Quando seco em estufa, as espécies atingiram valores de até 225 kg/cm². Os colmos verdes atingiram uma força de resistência de menos de 100 Kg/cm². (UGARTE; HABUSTA, 2011 p. 14) Esses números apresentados evidenciam que o bambu é um material muito resistente e pode ser utilizado na construção civil, mas essa suscetibilidade à ação de insetos é algo que deve ser levado em consideração. Assim sendo, é necessário que o bambu seja submetido à tratamentos que visem bloquear a ação desses animais para que se prolongue a vida útil do colmo.

⁶ *The exception from the rule seems to be Guadua angustifolia, which is reported to be very resistant against insects and diseases, so that structures made from this kind of bamboo, can last up to 60 years.* (UGARTE; HABUSTA, 2011 p.13-14)

⁷ *The mechanical properties of bamboo are still subject to scientific researches, but as there are no global standards in testing methods, the results vary and are still far from being reliable. Furthermore the properties vary according to moisture content, age of the culm at cutting time, harvesting methods and of course species.* (UGARTE; HABUSTA, 2011 p.13-14)

4.2 Tratamento dos bambus

Para a preservação da vara de bambu deve ser feito um tratamento, o qual, de acordo com López (1981), pode ser natural ou químico, sendo o segundo tipo mais eficaz. Os métodos naturais de tratamento são:

- cura na mata: após cortado, o bambu é deixado na moita, verticalmente, sem contato com o solo, por cerca de 30 dias. Esse método aumenta a resistência contra as brocas, mas não contra fungos e cupins;
- cura pelo fogo: as varas são aquecidas com fogo para a evaporação dos açúcares, usando-se normalmente o maçarico para esse processo; e
- cura pela água: consiste em deixar os bambus submersos em água por várias semanas para melhorar a resistência contra insetos e fungos.

Apesar de os métodos químicos de tratamento do bambu serem considerados mais eficientes, deve-se ter precauções ao utilizá-los, principalmente no que diz respeito ao manuseio e ao descarte dos produtos, uma vez que estes podem gerar danos tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente. (UGARTE; HABUSTA, 2011)

Muitos dos tratamentos químicos realizados em madeiras convencionais também são aplicáveis no bambu, mas as substâncias utilizadas são muito tóxicas e perigosas.

Many chemicals are used as a preservative for wood, and some have also been used for treating bamboo. The three major chemicals used for preserving timber are Creosote, Pentachlorophenol (PCP) and Chromated Copper Arsenate (CCA). [...] These chemicals combine well with wood, resulting in little or no loss on subsequent contact with humidity, rain and groundwater. However, they are toxic and hazardous to people! [...] These products are among the most popular and widely used insecticides in the world. (Bamboo Training Manual, 2012)

Desse modo, esse trabalho não procurará apresentar a fundo essas substâncias, pois o objetivo é incentivar o uso do bambu na construção como uma maneira de mitigar impactos ambientais, então, o seu tratamento deve ser, também, feito com o mínimo de impacto.

Mas nem todos os tratamentos químicos são considerados tão impactantes como os mencionados anteriormente. Existe um tratamento para a preservação de madeiras que vem sendo utilizado na Europa por muito tempo, considerado muito mais barato e ecológico. Esse tratamento é feito com o Borax. (Bamboo Training Manual, 2012)

O Borax é um importante componente do Boro, um sal mineral que ocorre naturalmente pela repetitiva evaporação de lagos sazonais, mais comumente encontrados na Turquia, no Sudoeste dos Estados Unidos, no Chile, no Tibete e na Romênia. Essa substância possui várias aplicações industriais, principalmente como retardante de fogo, agente anti-fungal e também como inseticida e fertilizante na indústria agrícola. (Bamboo Training Manual, 2012)

A solução que deve ser feita para preservar o bambu, de acordo com o Bamboo Training Manual 1 - Bamboo Harvesting and Preservation (2012), é a seguinte:

- A preservação do bambu é alcançada usando uma solução de 5% de Borax, a qual é de pH neutro.
- A solução de pH neutro é feita utilizando porções iguais de Ácido bórico (2,5%) e Oxido de Borax (2,5%), ambos em forma de pó e dissolvidos em água aquecida
- A concentração de ambos agentes químicos dissolvidos em água é 50kg por M³, ou seja, para 1000L de água, se utiliza 25kg de Ácido Bórico + 25kg de Borax

A solução de 5% borax é pH neutro e não é perigosa ou prejudicial para a pele, mas um longo contato com a substância deve ser evitado. Soluções com concentrações acima de 5% oferecem perigo! (Bamboo Training Manual, 2012)

Existem muitas maneiras de aplicar esse tratamento nos bambus, mas ainda segundo o Bamboo Training Manual 1 - Bamboo Harvesting and Preservation (2012), duas são consideradas mais simples, eficientes e baratas: a Difusão por imersão vertical e a Difusão por imersão horizontal.

Em ambos os casos, os colmos devem estar recém-cortados, ou seja, esse tratamento só é eficiente até 2 meses após o corte; os colmos devem estar verdes (bambus já secos não absorvem a solução química); e os diafragmas,

em cada nó, devem ser perfurados com o auxílio de um vergalhão para que o produto atinja todo o tecido vegetal dos colmos. (Bamboo Training Manual, 2012)

4.2.1 Difusão por imersão vertical

- Nesse processo todos os diafragmas entre os nós devem ser perfurados, com exceção do último;
- Em seguida, os bambus devem ser posicionados verticalmente e preenchidos com a solução de 5% Borax;
- Os colmos ficam preenchidos com a solução por 8 – 10 dias;
- Após 8 – 10 dias, perfura-se o último nó e toda a solução restante é coletada, podendo ser reutilizada no tratamento de mais varas.

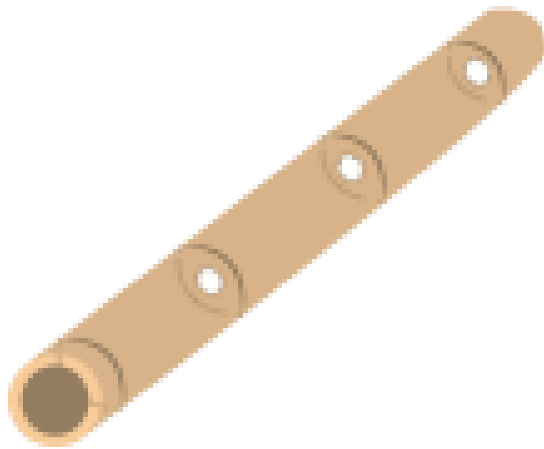


Figura 28: Diafragmas perfurados com exceção do último. Fonte: (Bamboo Training Manual , 2012 p. 25)



Figura 29: Colmos posicionados verticalmente e sendo preenchidos com a solução. Fonte: (Bamboo Training Manual , 2012 p. 29)

4.2.2 Difusão por imersão horizontal

- Todos os diafragmas entre os nós são perfurados nesse processo;
- É necessário um recipiente para colocar as varas horizontalmente. O tamanho do espaço irá variar de acordo com o tamanho dos colmos;
- Esse recipiente pode ser feito por uma sequência de barris de ferro soldados ou um tipo de piscina de concreto;
- O recipiente é então preenchido com os colmos e com a solução. É necessário que se ponha um peso em cima, para evitar que os bambus flutuem e garantir que estejam em completo contato com a solução
- Os colmos devem ficar na solução por ao menos 7 dias



Figura 30: Recipiente para tratamento feito com barris soldados. Fonte: (Bamboo Training Manual, 2012 p. 32)



Figura 31: Piscina de concreto para tratamento. Fonte: (Bamboo Training Manual , 2012 p. 33)

Após os colmos serem submetidos aos processos preservativos imunizantes descritos acima, eles estarão prontos para serem utilizados nas construções.

4.3 O Bambu aplicado na construção civil

A seguir, alguns exemplos de como o bambu pode ser trabalhado e dar forma a estruturas lindas, resistentes e de baixo impacto ambiental.



Figura 32: Paraboloide hiperbólico na sede do Tibá-Mar em Arraial do Cabo. Fonte: www.tibarose.com



Figura 33: Aeroporto Barajas em Madrid. Telhado feito com laminados de bambu. Fonte: <http://www.abc.es/20111212/cultura-arte/abci-national-geographic-barajas-201112121358.html>



Figura 34: Casa com estrutura em bambu. Fonte: Foto cedida por Jorg Stamm



Figura 35: Ponte feita com bambu. Fonte: Foto cedida por Jorg Stamm



Figura 36: Ponte de bambu em Bali. Fonte: Foto cedida por Jorg Stamm



Figura 37: Green School em Bali. Fonte: Foto cedida por Jorg Stamm

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Deparamo-nos com um mundo em crise. Crises políticas, econômicas, ambientais, sociais e ideológicas. Em meio a tantas incertezas, uma coisa é certa, estamos seguindo por um caminho que tende à acentuar os impactos socioambientais já existentes. As ações desenvolvimentistas implantadas desde a revolução industrial no século XVIII têm sido refletidas na dinâmica global. A população mundial vem sendo guiada por uma lógica capitalista autocontraditória, ou seja, que gera demandas infinitas, por recursos finitos. O colapso é uma previsão realista.

Nesse contexto, o crescimento populacional e a construção civil podem ser considerados como alguns dos principais fatores responsáveis pelas crises supracitadas. À medida que a população mundial vai crescendo, cresce também a demanda por recursos naturais, mais especificamente por aço, cimento, areia e outros insumos básicos da construção civil convencional.

A cadeia produtiva do cimento, apresentada ao longo do presente trabalho, reproduz bem o cenário impactante que tem sido causado pelo consumo exacerbado do setor. Os danos são inicialmente locais, mas ao longo do processo produtivo vão expandindo seus tentáculos e proporcionando riscos globais. Fontes de água potável são exauridas, vegetação suprimida, fauna e flora ameaçadas, produção de resíduos, contaminação aérea e hídrica, alteração climática, gastos energéticos excessivos, populações sufocadas e oprimidas, tudo isso em prol do ganho econômico de poucos.

A pergunta que permeia é a seguinte: É possível fazer diferente? A arquitetura vernacular está aí para mostrar que é possível sim. É preciso pensar e agir localmente, entender e adaptar-se à realidade local. Os princípios da permacultura procuram agregar um equilíbrio à vida, desde erguer a morada, até torná-la autossustentável, energeticamente, na ciclagem hídrica e na produção de alimentos.

A construção com recursos locais, como por exemplo, com a terra e bambu, são opções reais que apesar de terem perdido muito espaço para o concreto armado mostram-se muito eficientes. Eficientes não somente no que diz respeito à estabilidade estrutural, mas também de adaptação às características locais. Conforto térmico, melhora da qualidade do ar das

residências e responsabilidade ambiental são algumas das vantagens proporcionadas.

A proposta deste trabalho de conclusão de curso não é de um total rompimento com os princípios da construção civil convencional, muito pelo contrário. A descoberta do concreto como material de construção é algo muito positivo, pois proporcionou a realização de obras antes inimagináveis.

A ideia é a de uma incorporação de práticas tradicionais de construção com materiais alternativos, na construção civil contemporânea. Aliar os benefícios do cimento com os da construção natural. Deste modo será possível absorver as qualidades propostas por cada setor e ao mesmo tempo mitigar os impactos intrínsecos do processo produtivo, uma vez que o objetivo é diminuir a intensa demanda por materiais que geram grandes impactos socioambientais.

Entre os dias 11 e 15 de novembro de 2016, foi realizado o SILABAS – Simpósio Latino-Americano de Bioarquitetura e Sustentabilidade, que ocorreu na cidade de Nova Friburgo – RJ. O evento que contou com a participação de renomados palestrantes, de diversos países do mundo, que estão envolvidos com pesquisas e obras de bioconstrução e bioarquitetura. Durante o evento, ficou claro que o Brasil tem totais condições de se tornar referência no tema, mas foi unânime a opinião dos palestrantes de que o que falta é a criação de normas técnicas que englobem as construções naturais, possibilitando a sua disseminação no mercado da construção civil, principalmente urbano.

As normas técnicas para a construção civil, nos moldes brasileiros, impossibilitam a disseminação das bioconstruções. Alguns países do mundo já estão desenvolvendo estudos e criando normas para a utilização de materiais naturais, sendo assim, o estudo das normas técnicas e de que maneira a bioconstrução pode ser inserida nesse contexto, é um tema que pode ser tratado em uma possível expansão do presente trabalho.

A bioconstrução é hoje uma realidade latente se pensarmos no meio rural, mas aliando a bioarquitetura ao desenvolvimento tecnológico e à adequação das normas técnicas brasileiras, é possível que haja uma incorporação ao meio urbano.

É preciso pensar em meios de adaptação à eficiência ecológica em estruturas já estabelecidas. Uma boa estratégia é através de implantação de

telhados verdes, aparatos de produção de energia limpa, tratamento de efluentes, coleta de água de chuvas, entre outros. A busca por uma autossuficiência urbana é necessária, tendo em vista que as grandes cidades representam uma parcela significativa no que diz respeito à geração de impactos socioambientais.

O ambiente escolar e acadêmico tem importância fundamental para a formação de profissionais aptos a pensar em soluções interdisciplinares, buscando romper com as barreiras ideológicas e egocêntricas que foram construídas ao longo dos anos. Mas é importante lembrar que o conhecimento acadêmico não é soberano, este pode e deve absorver conhecimentos de ordem tradicional, que são fundamentais ao pensarmos nas especificidades locais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ÂNGULO, Sérgio C.; ZORDAN, Sérgio E.; JOHN, Vanderley M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. São Paulo, p.13. 2001

ARAÚJO, Márcio Augusto. **"A moderna construção sustentável."** IDHEA- Instituto para o Desenvolvimento da. 2008.

BARBOZA, A. S. R.; BARBIRATO, J. C. C.; SILVA, M. M. C. P. **Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social**. Ambiente Construído, v.8, p.115-129, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - **IBAMA. Resolução nº. 001** de 23 de janeiro de 1986. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Acesso em: 21 set. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável. Departamento de Desenvolvimento Rural Sustentável. **Curso de Bioconstrução** Texto elaborado por: Cecília Prompt - Brasília: MMA, 2008.

BRAUN, R. **Desenvolvimento ao ponto sustentável**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

Brüseke, Franz Josef. **"O Problema do Desenvolvimento Sustentável"** In Clóvis Cavalcanti: Desenvolvimento e Natureza. Estudos para uma Sociedade Sustentável. São Paulo: Cortez. Fundação Joaquim Nabuco, 1995.

CARNEIRO, Eder Jurandir. **"Política ambiental e a ideologia do desenvolvimento Sustentável"**. in Zhouri, Andréa, Laschefski, Klemens e Pereira, Doralice (orgs.) A insustentável leveza da política ambiental. Desenvolvimento e conflitos socioambientais. Belo Horizonte, Autêntica, 2005.

CANTARINO, Carol. **Bioconstrução combina técnicas milenares com inovações tecnológicas**. *Inovação Uniem*[online]. 2006, vol.2, n.5, pp. 46-47. ISSN 1808-2394.

COSTA, Heloisa Soares de Moura. **Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição de termos?**. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR, 8., 1999, Porto Alegre.

DOS SANTOS, Roberto Eustaáquio; DE OLIVEIRA, Bernardo Jefferson. **A armação do concreto no Brasil: história da difusão da tecnologia do concreto armado.** Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Belo Horizonte, v. 15, n. 16, p. 48-59, mar. 2010. ISSN 2316-1752. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/990>>. Acesso em: 16 Ago. 2016.

ESTEVA, Gustavo. "**Desenvolvimento**" in. W.Sachs(org.). O dicionário do Desenvolvimento. São Paulo: Editora Vozes, 2000.

FREIRE, Lúcia Maria de Barros; PRESCHOLDT, Soraya Gama de Ataíde. **Desenvolvimento às avessas e depredação socioambiental por uma mineradora.** Serv. Soc. Soc., São Paulo, n. 123, p. 476-500, Sept. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-66282015000300476&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20/09/2016.

GHAVAMI, Khosrow. **Non-conventional materials and technologies: Applications and future tendencies.** Proceedings of the 11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies (NOCMAT 2009) 6-9 September 2009, Bath, UK. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Khosrow_Ghavami/publication/228422570_NONCONVENTIONAL_MATERIALS_AND_TECHNOLOGIES_APPLICATIONS_AND_FUTURE_TENDENCIES/links/55d3d56508ae0b8f3ef93421.pdf> Acesso em: 20 Jul. 2016.

GONÇALVES, Teresa Diaz ; GOMES, Maria Idália. **A terra como material de construção.** Encontro técnico-científico O papel dos Laboratórios de Estado na investigação e desenvolvimento em engenharia civil no âmbito da CPLP, Lisboa, LNEC, 14 e 15 de Dezembro de 2009

GUIVANT, Julia S.: **A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia** - Estudos Sociedade e Agricultura, 16, abril 2001: 95-112. Acesso em: 21/11/2011. Disponível em: <<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/brasil/cpda/estudos/dezesseis/julia6.htm>>

HOLMGREN, David ; tradução ARAÚJO, Luzia. **Permacultura: princípios e caminhos além da sustentabilidade. / Título em inglês: Permaculture: Principles & Pathways Beyond Sustainability.** Porto Alegre: Via Sapiens, 2013. 416p. Acesso em: 31/10/2016 Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhF6wAH/permacultura-principios-caminhos-alem-sustentabilidade-david-holmgren-2013>>

IPEC – Instituto de Permacultura e Ecovila do Cerrado. . Disponível em: <<http://www.ecocentro.org>> Acesso em: 15 /10/ 2016

IPOEMA – Instituto de Permacultura. Disponível em: <<http://www.ipoema.org.br/>> Acesso em: 31/10/2016

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP. Rejeitos de mineração. Tratamento de rejeitos é solução alternativa e economicamente viável à barragem de mineradoras. 2016. Disponível em: <http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=1043> Acesso em: 11/10/2016.

JOHN, Vanderley. **“Não estamos preparados para a eficiência energética”**: depoiment, 01.12. 2008. Revista Finestra #55. Disponível em: <arcoweb.com.br/finestra/entrevista/entrevista-vanderley-john-01-12-2008> Acesso em: 16.10.2016

KRZYZANOWSKI, Renato Fávero. **Novas tecnologias em assentamentos humanos: a permacultura como proposta para o planejamento de unidades familiares em Florianópolis**. 2005. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

LÓPEZ, O. H. **Manual de construcción con bambu**. Bogotá, Estúdios Técnicos Colombianos Ltda, Universidad Nacional de Colombia, 1981.

MAURY, Maria Beatriz ; BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves: **Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente**. Sustentabilidade em Debate - Brasília, v. 3, n. 1, p. 75-96, jan/jun 2012

MAURY, Maria Beatriz. **Impactos e conflitos da produção de cimento no Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável- vel Universidade de Brasília. 2008.

MARTÍNEZ-ALIER, Joan **"Justiça Ambiental (local e global)"** in Clóvis Cavalcanti (org.) Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e políticas públicas, São Paulo: Cortez, 1999.

MORAES, Patrícia ; SOUZA, Cinthia Raquel de. **O impacto ambiental de uma edificação**. Revista Organização Sistêmica - Vol 7. N.4 - jan/dez 2015

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. **Microeconomia**. São Paulo: Makron Books, 1994

PISANI, Maria Augusta Justi. **TAIPAS: A Arquitetura de Terra**. Sinergia, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 09-15, jan./jun. 2004

SACHS, Wolfgang (ed.). **"Introdução" e "Meio Ambiente"**. O dicionário do Desenvolvimento. São Paulo: Editora Vozes, 2000.

SANTORO, R. B.; PENTEADO, C. L. C. **Bioconstrução: utilizando o conhecimento ecológico para a criação de construções saudáveis**. XIII Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, Florianópolis, SC, 2009.

SANTOS, Roberto E. 2008. **A Armação do Concreto no Brasil: História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. Tese de doutorado. Belo Horizonte, FaE-UFMG.

SOARES, A. **Soluções Sustentáveis - Construção Natural**. Ecocentro IPEC - Instituto de Permacultura do Cerrado. Pirinópolis: Mais Calango Editora, 2007.

TINOCO, Jorge E. L. ; ARAÚJO, Roberto A. D. **Técnicas Tradicionais – Terra Crua como Material de Construção**. Um método de ensino à distância. Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada. Textos para discussão – Série Gestão de Restauro. Olinda, 2007

UGARTE, Jimena; HABUSTA, Magrit. **Bambú el milagro vegetal**. Instituto de arquitectura tropical Costa Rica. IAT EDITORIAL ON LINE SEPTIEMBRE 2011.

UNEP, United Nations Environment Programme. **Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment**. Stockholm. 1972. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/> Acesso em: 06 dez 2016

WCED, United Nations World Commission on Environment and Development: **Our common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.