



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS –
FATECS
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

CAUÊ CESAR MAURICIO

Bioconstrução
Estudo de caso: Projeto e construção da casa ecológica modelo

**BRASÍLIA
2017**



CAUÊ CESAR MAURICIO

Bioconstrução

Estudo de caso: Projeto e construção da casa ecológica modelo

Relatório final de pesquisa de iniciação científica apresentado à assessoria de pós-graduação e pesquisa faculdade de tecnologia e ciências sociais aplicadas – FATECS

Orientação: Prof.^a Dra. Eliete de Pinho Araújo

**BRASÍLIA
2017**

BIOCONSTRUÇÃO

ESTUDO DE CASO: PROJETO E CONSTRUÇÃO DA CASA ECOLÓGICA MODELO

Cauê Cesar Mauricio – UniCEUB, PIBITI Institucional, aluno bolsista

caue.cm@outlook.com

Eliete de Pinho Araujo – UniCEUB, professor orientador

eliete.araujo@uniceub.br

Nas últimas décadas o termo sustentabilidade tem ganhado notoriedade no panorama global, mas começou-se a perceber que a construção sustentável não é um modelo para resolver problemas pontuais, mas uma nova forma de pensar a própria construção e tudo que a envolve. Hoje este conceito está difundido nos mais variados campos da vida humana, fazendo-se necessário repensar o estilo de vida do homem contemporâneo para sobrevivência das futuras gerações em um planeta saudável. A arquitetura é um dos principais temas no que tange à sustentabilidade, tendo em vista a escassez de recursos naturais, a poluição do meio ambiente pelos processos industriais e construtivos, a geração de resíduos não degradáveis pela construção civil, e sobretudo os impactos sobre a vida humana e a natureza de forma não consciente. Embora o século XXI seja marcado pela chamada arquitetura verde, empregando nas edificações sistemas sustentáveis de alta tecnologia, nota-se que muitos desses sistemas estão vinculados a pesados processos industriais, ainda utilizando materiais não ecológicos e ocasionando impactos consideráveis no meio ambiente, sendo que em sua maioria, a implantação de tais tecnologias depende de grandes investimentos financeiros, restringindo-se a grandes edificações corporativas, comerciais e industriais. A adoção de estratégias e técnicas como a bioconstrução, que observa o fluxo dos sistemas naturais no próprio ambiente, pode ser uma maneira adequada de se viver dentro dos limites ecológicos e ao mesmo tempo cooperando para a redução de impactos ambientais, otimizando os recursos financeiros e contribuindo com a conservação ambiental e melhoria da qualidade de vida dos usuários. Desta forma, esta pesquisa expõe a atual situação habitacional causada pelo modelo de desenvolvimento, baseado no consumo e sinaliza soluções criativas inspiradas no conhecimento ecológico para a criação de construções saudáveis e em harmonia com o ambiente. Com isso, o objeto de pesquisa é o desenvolvimento de um projeto de habitação modelo baseado nos preceitos da bioconstrução, apresentando as técnicas, os métodos e os resultados experimentados durante a construção da referida habitação, que foi implantada no Ecoparque Villa Giardini em Brasília - DF, ao reunir parceria entre o setor privado e a sociedade acadêmica, uma vez que foi firmado o acordo de patrocínio financeiro, com o Ecoparque para a execução do produto final do presente projeto. Com isso, esta pesquisa visa proporcionar ao público o contato direto com as tecnologias da bioconstrução, expondo à sociedade os benefícios do sistema, a viabilidade econômica e executiva da construção, assim como a desmistificação da linguagem vernácula associada à bioconstrução.

Palavras Chave: Sustentabilidade; Arquitetura; Bioconstrução.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	3
1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	7
3. JUSTIFICATIVA	8
4. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
5. METODOLOGIA	16
5.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	17
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6.1 BICONSTRUÇÃO	19
6.2 APLICABILIDADE	19
6.3 RESULTADOS ESPECÍFICOS	20
6.3.1 - SISTEMAS BIOCONSTRUTIVOS	21
6.3.2 - DIAGNÓSTICO DE CAMPO	29
7. O PROJETO	36
7.1 ESTUDO DE VIABILIDADE	40
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Sede Chácara Asa Branca (acervo pessoal)
- Figura 2: parede pau a pique (interno) - fissuras e deformações da estrutura (acervo pessoal)
- Figura 3: parede pau a pique (externo)- fissuras e deformações da estrutura apresentando marcas de infiltração e rachaduras (acervo pessoal)
- Figura 4: Tanque de ferro cimento - armazenamento de água pluvial (acervo pessoal)
- Figura 5: Tanque de ferro cimento (externo) - fissuras da estrutura (acervo pessoal)
- Figura 6: Piso externo - Revestimento tipo mosaico com reutilização de peças de granito descartadas pela industria (acervo pessoal)
- Figura 7: Piso externo (detalhe) - Revestimento feito a partir de peças de reuso e argamassa de barro (acervo pessoal)
- Figura 8: entrada centro de visitantes - cobertura verde com gramíneas (acervo pessoal)
- Figura 9: pavilhão de oficinas e sanitários - paredes em taipa de mão e estrutura mista de madeira e bambu (acervo pessoal)
- Figura 10: pavilhão de jogos e atividades - paredes em pau a pique e estrutura mista de madeira e bambu (acervo pessoal)
- Figura 11: pavilhão de jogos e atividades(detlha) - sistema de amarração da estrutura de cobertura em bambu (acervo pessoal)
- Figura 12: Centro de visitantes (vista aérea) - cobertura verde (acervo pessoal)
- Figura 13: de visitantes (vista lateral) - cobertura verde (acervo pessoal)
- Figura 14: Cobertura verde centro de visitantes (detalhe) - estrutura de cobertura em madeira e fechamento com painel de OBS coberto com manta impermeável (acervo pessoal)
- Figura 15: Cobertura verde centro de visitantes (detalhe) - saída de drenagem de água pluvial, deterioração do material e infiltração (acervo pessoal)
- Figura 16: pavilhão de oficinas (detalhe) - estrutura em madeira e vedação em parede de tijolo solo cimento bom estado de conservação e resistente ao tempo (acervo pessoal)
- Figura 17: centro de visitantes (detalhe) - proteção das fachadas com painel em ripas de bambu, apresentando pouca resistência ao tempo mas eficácia na proteção das fachadas (acervo pessoal)
- Figura 18: casa experimental - paredes de taipa de pilão apresentando boa resistência (acervo pessoal)
- Figura 19: casa experimental - estrutura em bambu, pilares de sustentação e cobertura (acervo pessoal)
- Figura 20: casa experimental (detalhe) - treliça de bambu sustentação da cobertura (acervo pessoal)
- Figura 21: banheiro seco - estrutura em funcionamento e bom estado de conservação (acervo pessoal)
- Figura 22: pavilhão de atividades (detalhe) - estrutura completa em bambu apresentando ótimo estado de conservação e boa resistência as cargas e intempérie (acervo pessoal)
- Figura 23: pavilhão de atividades - estrutura completa em bambu, sistema amarração e apoio, sapata bambuconcreto. (acervo pessoal)
- Figura 24: Planta baixa de layout habitação modelo em bioconstrução
- Figura 25: Planta baixa técnica habitação modelo em bioconstrução

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o termo sustentabilidade tem ganhado notoriedade no panorama global, começou-se a perceber que a construção sustentável não é um modelo para resolver problemas pontuais, mas uma nova forma de pensar a própria construção e tudo que a envolve. Hoje este conceito está difundido nos mais variados campos da vida humana, fazendo-se necessário repensar o estilo de vida do homem contemporâneo para sobrevivência das futuras gerações em um planeta saudável.

A arquitetura é um dos principais temas no que tange a sustentabilidade, tendo em vista a escassez de recursos naturais, a poluição do meio ambiente pelos processos industriais e construtivos, a geração de resíduos não degradáveis pela construção civil, e, sobretudo os impactos sobre a vida humana e a natureza de forma não consciente. E Embora o século XXI seja marcado pela chamada arquitetura verde, empregando nas edificações sistemas sustentáveis de alta tecnologia, nota-se que muitos desses sistemas estão vinculados a pesados processos industriais, ainda utilizando materiais não ecológicos e ocasionando impactos consideráveis no meio ambiente; Ainda sendo que em sua maioria, a implantação de tais tecnologias depende de grandes investimentos financeiros, restringindo-se a grandes edificações corporativas, comerciais, e industriais.

Ao longo dos estudos sobre conciliação entre arquitetura e o desenvolvimento sustentável, cada estudioso determinou uma terminologia diferente e que se aproximasse mais aos seus conceitos, como “bioarquitetura”, “bioconstrução”, “eco edifício”, “casa saudável”, entre outros. Porém, todas levam em consideração os aspectos da ecologia profunda, uma vez que tem por objetivo estimular a adoção de tecnologias de mínimo impacto ambiental na construção civil, por meio de técnicas de arquitetura adequadas ao clima, que valorizem a eficiência energética, o tratamento adequado de resíduos, o uso de recursos/matérias-primas locais, aproveitando os conhecimentos e saberes gerado pelas próprias comunidades envolvidas.

Neste trabalho utilizaremos como referência a palavra bioconstrução, que foi adaptada por André Soares (2008), permacultor e fundador do Ecocentro IPEC (Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado), para definir as técnicas naturais de construção no Brasil. Para o autor, essas técnicas são métodos de construção que buscam a integração homem e ambiente através da:

- Análise do ciclo de vida de cada material utilizado;
- Análise da procedência e destino de cada material;
- Não utilização de materiais tóxicos e descartáveis;
- Valorização dos materiais e técnicas locais;
- Racionalização do uso da água e promover tratamentos naturais dos efluentes (esgoto);
- reciclagem e reuso de resíduos líquidos orgânicos e sólidos;
- Busca pela utilização de fontes de energias renováveis;
- Trabalhar com eficiência energética através do desenho bioclimático.

Desta forma, este projeto pretende expor a atual situação habitacional causada pelo modelo de desenvolvimento, baseado no consumo, e sinalizar soluções criativas inspiradas no conhecimento ecológico para a criação de construções saudáveis e em harmonia com o ambiente.

Hoje a aplicação da bioconstrução no Brasil, ainda é pouco difundida, limitando-se a comunidades rurais, alternativas ou engajadas no estilo de vida sustentável, a pouca pesquisa a respeito desse sistema no campo da arquitetura, limitam a linguagem arquitetônica da bioconstrução à estética vernácula, muitas vezes depreciando seu valor, e dificultando sua inserção no mercado da construção civil. Em meio a este contexto, é

primordial o investimento em estudos que revelem novas formas de construção aliadas com o desenvolvimento sustentável, garantindo a sobrevivência das futuras gerações em um planeta saudável, apresentando a bioconstrução como a arquitetura do futuro.

2. OBJETIVOS:

Geral:

Desenvolver e implantar um projeto de casa ecológica, utilizando princípios da bioconstrução.

Específicos:

- Estudar e diagnosticar as tecnologias possíveis de serem adotadas na casa ecológica, respaldando-se nos materiais construtivos, eficiência energética, reciclagem de resíduos, reuso de águas servidas e pluviais, economia de recursos e no conforto bioclimático;
- Elaborar o projeto da casa ecológica inserindo as tecnologias estudadas a fins de obter produto arquitetônico de alto padrão associado a técnicas viáveis, econômicas e eficientes;
- Elaborar estudo de viabilidade econômica e executiva do projeto, exemplificando por dados quantitativos uma estimativa de custos para implantação do projeto;
- Executar o estudo de prova das tecnologias escolhidas, a fins de testar a eficiência e desempenho das técnicas pesquisadas antes de inserir no projeto;
- Atingir os profissionais por meio da divulgação dos resultados nas escolas de arquitetura e engenharia;
- Elucidar regras básicas quanto ao sistema, para orientação de novos projetos e procedimentos.
- Exemplificar em nível de projeto a estrutura arquitetônica desenvolvida, em quesitos técnicos do sistema construtivo e tecnologias aplicadas.
- Fornecer uma contribuição teórica e prática para o desenvolvimento de projetos futuros nos estágios preliminares de estudos, concepção, técnicas construtivas, materiais e tecnologias sustentáveis;
- Execução do projeto arquitetônico, construção da casa ecológica em associação com o Ecoparque Villa Giardini;
- Abrir a casa ecológica à visitação, transformando-se em um espaço destinado à sensibilização pública, objetivando demonstrar como as soluções da bioconstrução projeto podem incorporar uma obra arquitetônica residencial.
- Tornar o projeto da casa ecológica referencia no cenário da arquitetura sustentável.
- Demonstrar como a qualidade de vida está diretamente ligada às questões ambientais e à saúde;

3. JUSTIFICATIVA:

Atualmente, poucos projetos de arquitetura pensam nos impactos socioambientais da construção civil, e em um contexto em que os recursos naturais chegam a uma insuficiência anunciada, é emergente a implantação de tecnologias sustentáveis a fins de reduzir os impactos ambientais sem prejudicar a vida do homem. A adoção de estratégias e técnicas como a bioconstrução, que observa o fluxo dos sistemas naturais no próprio ambiente, pode ser uma maneira adequada de se viver dentro dos limites ecológicos e ao mesmo tempo cooperando para redução de impactos ambientais, otimizando os recursos financeiros, e contribuindo com a conservação ambiental e melhoria da qualidade de vida dos usuários. Hoje, no campo da arquitetura residencial, a aplicação de técnicas sustentáveis é consideravelmente pouca, em detrimento dos altos custos de implantação dos sistemas tecnológicos, e quanto às práticas ecológicas, certo preconceito pela linguagem vernácula e a cultura moderna.

Dessa forma, o estudo a cerca de tecnologias voltadas ao desenvolvimento sustentável na construção civil é vital para a sedimentação dessa medida na sociedade atual. Para tanto, o processo de pesquisa científica é o melhor meio para se divulgar novas técnicas e soluções que possam reaproveitar plenamente todos os recursos utilizados pelo homem, bem como associando outras tecnologias para uma completa eficiência do projeto de arquitetura. Assim, a divulgação do projeto da casa ecológica no meio acadêmico pretende instigar a absorção de técnicas sustentáveis por estudantes de arquitetura, contribuindo fortemente para um maior contato da nova geração de profissionais com as novas tecnologias voltadas para uma melhor qualidade de vida e preservação do equilíbrio ecológico, disponibilizando um repertório maior de soluções e técnicas ecológicas na arquitetura.

Além disso, a construção da casa ecológica, e sua abertura à visitação, visam proporcionar ao público o contato direto com as tecnologias da bioconstrução, expondo à sociedade os benefícios do sistema, a viabilidade econômica e executiva da construção, e a desmistificação da linguagem vernácula associada à bioconstrução. E ainda é um processo inovador por reunir parceria entre o setor privado e a sociedade acadêmica, uma vez que foi firmado o acordo de patrocínio financeiro, por uma empresa privada para a execução do produto final do presente projeto.

E ainda pode-se mencionar que os resultados do projeto podem ser estendidos no âmbito político-social, mostrando uma forma viável para a problemática habitacional no país. Uma vez que as tecnologias estudadas e postas em prática na construção da casa modelo, podem ser inseridas em programas habitacionais para populações carentes, tanto em área urbana como rural.

4. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

Segundo Santoro e Penteado (2009), há 10.000 anos, a humanidade utiliza os materiais naturais ao seu alcance (principalmente a terra) para construir suas habitações. Somente nos últimos 100 anos é que começaram a ser substituídos por materiais industriais. Os impactos da sociedade industrial, que se baseia no consumo para ser considerada desenvolvida e que consome os recursos naturais sem nenhum critério, está gerando, além de ambientes degradados, paradigmas que fazem com que os próprios homens acreditem serem dependentes dessa sociedade industrial e consumista. 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.

E comentam (SANTORO e PENTEADO, P 61. 2009),

“Numa breve análise histórica, percebemos que a relação da humanidade com a natureza desenvolveu-se num sentido utilitarista, em que os recursos naturais existem para ser explorados e usufruídos de modo a garantir as necessidades e o bem-estar do homem. Nessa concepção, com relação à escolha e a exploração dos recursos energéticos, verifica-se uma completa desconsideração dos limites naturais no esforço continuado para suprir as necessidades de consumo que o ser humano tomou como padrão. Assim, tanto as características das fontes primárias quanto a quantidade de energia a ser gerada são pouco consideradas, de forma que se atenda a um apetite voraz por insumos energéticos.”

A primeira definição de desenvolvimento sustentável foi cunhada pelo Brundtland Report em 1987 (BRUNDTLAND 1987), afirmando que desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras.

Para Kwok e Grondzik (2013), a palavra sustentabilidade em arquitetura vai muito mais além do que o emprego de certas técnicas e materiais em projeto, que causem menores impactos ambientais. Para tanto, afirmam que ser sustentável significa atender as necessidades da geração atual sem prejudicar as gerações futuras. E dessa forma assume o termo edificação “ecológica” ou “verde”, para se tratar de projetos de arquitetura eficientes em consumo de energia, água e demais recursos, além de abordar os impactos ambientais no local e fora dele. Tornando-se somente “sustentável” quando no projeto ocorre a inexistência de impactos líquidos negativos sobre o meio ambiente.

Atualmente, o impacto causado pelas construções não sustentáveis sobre o meio ambiente e sobre a cidade é preocupante. Além disso, a realidade urbana atual são projetos insanos e a mesmice estereotipada do pós-consumismo (VIGGIANO, 2000). Veem-se ainda as constantes crises de abastecimento de água nas regiões urbanas, o déficit de geração de energia (JANNUZZI, 1997) nas grandes cidades e o impacto ambiental dos sistemas de esgoto (ANDRADE NETO, 1997).

Por esse motivo, Soares (IPEC, 2016) afirma que é possível habitar este planeta de maneira mais saudável, vivendo bem, sem destruir o meio ambiente, sem consumir à exaustão e sem poluir. Também é possível substituir nas construções, grande parte do cimento, dos plásticos e dos materiais tóxicos por elementos inócuos existentes na natureza, além do uso de materiais em seu estado natural, disponíveis na região. Soares (IPEC, 2016), acrescenta que este tipo de construção utiliza materiais ecológicos e reduz o impacto ambiental através de técnicas da arquitetura vernacular, algumas delas com centenas de anos de história e experiência, tendo como característica a preferência por materiais do local, como a terra, reduzindo gastos com fabricação e transporte e construindo habitações com custo reduzido e que oferecem excelente conforto térmico.

De acordo com o arquiteto dinamarquês BRAUN (apud LARSEN, 2001), muitos conceitos modernos na área da arquitetura ambiental são originários da escola escandinava de paisagismo e arquitetura, que procura observar a natureza e aprender a sua dinâmica morfológica. Esta escola procura, antes de iniciar qualquer construção, se aprofundar no conhecimento do que já existe no ambiente circundante para implantar a estrutura propriamente dita. Busca saber como os elementos chegaram até lá e como eles se desenvolveram ao ponto de formar o ambiente atual, e fundamentalmente, saber como a construção poderá interferir naquele meio. Ao compreender como a natureza se formou

naquele local, é possível entender como a forma arquitetônica poderá se encaixar em harmonia com os elementos da natureza circundante.

O ambientalismo contemporâneo distingue dois tipos de ecologia: a ecologia rasa, que enquadra os seres humanos separadamente da natureza, como fonte de todos os valores e atribui apenas valor instrumental e de uso aos ecossistemas; e a ecologia profunda, que não separa seres humanos – ou qualquer outra coisa – do meio ambiente natural e percebe o universo não como um conjunto de objetos isolados, mas como uma teia de fenômenos interconectados e interdependentes (ADAM, 2001).

Adam (2001), apresenta a interdependência como sendo uma característica de suma importância das relações entre ecossistêmicas, já que todas as coisas estão relacionadas entre si e com variadas interconexões, o que é saída para um sistemas é entrada e dá início a outro. Por este motivo, deve-se entender estas conexões não com o objetivo de parasitá-las ou super explorá-las, mas de assegurar sua continuidade. Desta forma, as populações naturais tendem a se estabelecer numa situação de equilíbrio sustentável fluente.

Portanto, a tecnologia e a forma de planejar da natureza são fabulosas fontes de inspiração para o desenvolvimento da tecnologia construtiva, assim como para os materiais utilizados. Estudar os ecossistemas, recursos, energias, maximizar o uso de fontes de energias renováveis e consumir eficientemente, são instrumentos de qualificação arquitetônica e de solidariedade, além de exigir reflexão e ação de todos os profissionais envolvidos na construção (ADAM, 2001).

Permacultura ou “Agricultura Permanente” é um conceito desenvolvido por David Holmgren e Bill Mollison, que se refere a uma cultura humana permanentemente sustentável. É “a ciência ecológica transformada em tecnologia, é uma engenharia de ecossistemas, cujo princípio básico é trabalhar “com” ou “a favor”, e não “contra” a natureza. Consiste em uma ferramenta de design, que permite a criação de habitats humanos em harmonia com o meio ambiente, beneficiando toda a vida, social e natural. (IPEC, 2016) Projetar em permacultura significa buscar, obter, o máximo, benefício, utilizando o mínimo espaço e energia em um sistema produtivo que perdura no tempo. Significa abandonar a lógica do desenvolvimento não sustentável, no qual todas as atividades humanas se intensificam em um constante déficit energético. Um projeto de permacultura integra a vida humana e os ciclos naturais, criando um ambiente sustentável, equilibrado e belo. (SOARES, 2003)

O futuro da construção civil está na bioconstrução, modelo este que alia as tecnologias presentes com o modelo do passado, gerando um modelo que, por ser feito em menor escala e com materiais não ou pouco industrializados, torna-se mais orgânico porque segue o modelo da natureza sem causar nela impacto tal qual as construções do presente causam. (COLOMBO, 2004)

O principal conceito da arquitetura ecológica é simples: a edificação deve ser construída com materiais naturais, renováveis e não poluentes. Trata-se de um modelo diferente de construir e projetar as moradias, em que o mais importante é respeitar ao máximo a natureza e preservar o conforto interior da residência, enfatizando que a coerência ecológica não precisa estar vinculada a desconforto e padrões estéticos relacionados à rusticidade. (ARAUJO, 2004)

Para uma casa ser ecológica, ela precisa reunir algumas características, tais como:

- Ser adequada ao clima local e estar orientada em relação aos ventos (para aproveitá-los ou evitá-los), ao sol, às chuvas e à vegetação. Isso faz com que ela seja termicamente agradável;
- Respeitar a topografia local e incorporar-se à paisagem sem agredi-la;
- Usar materiais e técnicas de construção saudáveis e sustentáveis;

- Conseguir reutilizar e reciclar as chamadas águas cinzas (de banho, pias e tanques) e usar o telhado para coletar água de chuva;
- Tratar adequadamente dejetos líquidos e sólidos, reintroduzindo-os, de forma positiva, aos ciclos naturais da região;
- Incorporar vida vegetal para purificar o ar externo e interno. (PINTO e NEME, 2014)

Na bioconstrução os materiais naturais são amplamente explorados, como: madeira, bambu, pedras, argila, capim seco, fibras secas em geral, composições de solo, entre outros. No grupo dos materiais industrializados, opta-se pelo reuso da construção civil e os materiais recicláveis, como: PET's, latas de alumínio, vidros, borrachas de pneus usados, papel, dentre muitos outros de acordo com a disponibilidade, necessidade e criatividade do construtor. E já que o objetivo é implementar assentamentos sustentáveis, o projeto e a construção das edificações deve também levar em consideração o ciclo de vida dos materiais (BRAUN, 2001).

Segundo o arquiteto e pesquisador colombiano Javier Barona (apud Araújo, 2008), a ferramenta básica para a identificação do estado e das necessidades gerais de uma obra que pretende ser sustentável é a Análise de Ciclo de Vida –ACV-. O estudo da ACV tem sido aceito por toda a comunidade internacional como a única base legítima sobre a qual comparar materiais, tecnologias, componentes e serviços utilizados ou prestados. Enquanto a indústria da construção civil é responsável pelo maior consumo dos recursos naturais no planeta, onde florestas, metais e outros recursos são utilizados com enorme desperdício, e ainda causam prejuízos à saúde humana, pois muitos materiais possuem composições químicas agressivas à saúde, três quartos das habitações são feitas com o material mais básico e inofensivo do planeta: a terra – e permanecem por séculos! (BIOCONSTRUINDO, 2006)

Adam (2001), apresenta materiais de qualidade ambiental para outras partes da casa além da própria estrutura, como revestimentos e pinturas. Para as tintas, é importante lembrar que as industrializadas mantêm um processo de fabricação altamente poluente, com uma substância tóxica que é nociva à saúde e ao meio ambiente. O autor cita que uma das soluções são as tintas ou pinturas naturais extraídas da própria terra, além dos vernizes naturais como resinas, própolis, óleos de sementes, essências de plantas, cera natural de abelhas, entre outras.

Mascaró (1986) diz que o clima tem-se mostrado, desde a antigüidade, como um dos elementos-chave no projeto e na construção da habitação do homem e que um edifício, projetado para o clima no qual está inserido, pode-se tornar confortável e sadio, além de poupar energia, colaborando com a sustentabilidade.

Por outro lado, os ocupantes estão sujeitos à influência do comportamento térmico da edificação. Desse modo, adoção de princípios bioclimáticos na fase de projeto, ou seja, estratégias de projeto que buscam aproveitar os condicionantes naturais, principalmente o vento e a insolação, favorecem também o conforto dos usuários nos ambientes internos. Para realizar tais escolhas, é necessário conhecer quais as exigências de cada clima e as opções mais adequadas para adaptar a edificação às solicitações predominantes.

Um importante instrumento que arquitetos e demais projetistas podem e devem utilizar como auxílio nas escolhas de projeto é o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, apresentado na parte 3 da NBR 15220 (ABNT, 2005). Trata-se de um conjunto de recomendações de projeto bioclimático para diversas regiões do Brasil, abrangendo desde informações relativas às propriedades térmicas de paredes e coberturas quanto dimensões de aberturas para ventilação e necessidade de dispositivos de sombreamento. (LAMBERTS, 2010)

Para a bioconstrução, design significa um sistema de composição de diversos elementos: estruturais, vegetais, animais e sociais visando a criação de um ambiente

integrado para a convivência sustentável de pessoas. Mais do que apenas um desenho, ela quer dizer projetar, planejar e até mesmo criar uma composição. Para o design eficiente de habitações, deve-se basear nas energias naturais que entram no sistema (sol, vento, chuva), na vegetação à volta e nas práticas de construção baseadas no bom senso. Um dos objetivos importantes do design da casa é o de reduzir ou eliminar a necessidade de energia elétrica ou do uso de gás para o aquecimento e o resfriamento interno (MOLLISON & SLAY, 1991).

Casas bem planejadas são mais econômicas na manutenção do que casas que demandem aquecedor e ar condicionado – grandes consumidores de energia. Com isso, permitem que os moradores vivam com conforto térmico, sem recorrer à combustíveis fósseis. Com as tecnologias disponíveis, não é necessário – nem de bom senso – construir uma casa que não economize ou gere sua própria energia (MOLLISON & SLAY, 1991).

Romero (1988) diz que para cada região climática existem princípios de desenho que favorecem o conforto e o desempenho dos espaços construídos. Os princípios podem ser contraditórios, porém a forma e o desempenho das edificações são fundamentais, uma vez que o traçado não pode suprir todas as exigências climáticas da região.

A utilização de fontes alternativas de energia renovável é um dos princípios mais valorizados da bioconstrução, mas a economia representada pela substituição da eletricidade por coletores solares para aquecimento de água ainda é desconhecida da maioria da população. "Cabe ao poder público divulgar e tornar essa tecnologia mais acessível, principalmente para as famílias de baixa renda". Essa é a opinião da arquiteta Jane Tassinari Fantinelli, que defende o uso de sistemas termo-solares por famílias carentes tendo em vista os resultados obtidos pelo Projeto Sapucaias, a primeira experiência monitorada de instalação de sistemas de aquecimento solar para a água de banho em área urbana no Brasil. Financiado pela Eletrobrás, o projeto foi desenvolvido ao longo de cinco anos junto a 100 famílias do município de Contagem (MG).

VIGGIANO (2000) projetou uma casa autônoma, em Brasília – DF, onde aplicou várias energias renováveis e materiais de acabamento locais.

Outro fator que reduz a quantidade de energia elétrica e amplia as alternativas bioclimáticas de uma construção é buscar o máximo aproveitamento da iluminação natural, pode ser por meio de chaminés de luz, clarabóias, tetos reflexivos, materiais translúcidos ou qualquer outra tecnologia criativa que o construtor tiver (ADAM, 2001).

Marian Keeler e Bill Burke (2010) defendem que edificações sustentáveis devem integrar questões referentes à água, em que o consumo desta é apenas um dentre vários aspectos envolvidos na maximização da eficácia no uso da água; outros são: a coleta de água pluvial, o tratamento de águas fecais, a utilização de águas servidas municipais e até mesmo a possibilidade produzir água própria para uso, por meio de tecnologias de tratamento de água.

Pedro Mancuso e Hilton Santos (p. 121. 2003) abordam com clareza o atual panorama do abastecimento de água no Brasil:

“o reuso da água, até há alguns anos tido como opção exótica, é hoje uma alternativa que não pode ser ignorada, notando-se distinção cada vez menor entre técnicas de tratamento de água versus técnicas de tratamento de esgoto.”

Para Hilton Santos (2003) a conclusão de alguns pesquisadores é que a sobrevivência do homem relaciona-se à sua capacidade de reaproveitamento dos recursos escassos, em particular a água, bem como a sua proteção, recuperação e o uso consciente.

À medida em que estes componentes possam ser reaproveitados dentro do sítio, economiza-se em transporte e destinação dos resíduos, ao mesmo tempo em que a edificação pode ser beneficiada com a restituição dos minerais para fecundar o solo e alimentar novos seres. De forma mimética (imitando a natureza), pode-se fazer a compostagem dos resíduos orgânicos provenientes do manejo da flora, dos lagos e de sobras de alimentos. Quando o reaproveitamento não é possível, os resíduos devem ser separados e acondicionados de maneira adequada e em seguida destinados à reciclagem, reduzindo-se a quantidade de lixo encaminhado aos aterros sanitários e aumentando a vida útil dos mesmos. (PINTO e NEME, 2014)

O jardim em Permacultura traz uma estética de mínima intervenção, que considera belo e busca manter os padrões naturais, as harmonias curvilíneas e a diversidade e multiplicidade de formas e cores da Natureza. O paisagismo deve ser valorizado atendendo suas diversas funcionalidades. Além da estética, da preservação e da ambiência, é necessário ressaltar a importância da função ecológica de cada espécie vegetal e do agrupamento das mesmas, para amenizar o impacto do clima e de ruídos externos, para disponibilizar alimentação para a fauna o ano todo e localizar plantas nas bordas dos canteiros que retenham ou impeçam o arraste de folhas depositadas sobre o solo. Busca-se assim, um paisagismo belo e funcional, sob aspectos ecológicos e de interesse do ser humano. (PINTO e NEME, 2014)

A Permacultura integra-se neste contexto, para que o projeto seja um catalisador na formação de cidadãos frequentadores e para a consolidação e manutenção de comunidades. Ao explorar o caráter educativo das construções e montar maquetes permanentes e didáticas dos sistemas hidráulicos, de tratamento de esgoto, captação de água de chuva, energia solar, minhocário, compostagem, hortas caseiras etc, é possível ensinar as técnicas e principalmente inspirar os cidadãos a imitá-las em seus imóveis, para aumentar sua economia, melhorar a qualidade de vida e principalmente para trazer as mudanças no cotidiano, porque com cada um fazendo a sua parte o coletivo sai vitorioso. (PINTO e NEME, 2014)

Hawken, Lovins e Lovins (2000), mostram que é possível realizar bioconstruções com nenhum custo extra e, até mesmo, com maior lucratividade. Assinalam, ainda, que as novidades (elementos construtivos mais eficientes, a própria bioconstrução) podem ser convertidas em vantagens de mercado (passando a ser mais valorizados no mercado). Afinal, como esclarecem os autores, projetar edificações e outras construções não é simplesmente uma maneira de lucrar; trata-se de criar espaços nos quais vivemos, crescemos e aprendemos, e, como já se assinalou diversas vezes nesse estudo, o modo de vida é bastante influenciado pela forma que se dá aos ambientes em que se vive.

Segundo Hawken, Lovins e Lovins (2000), se cada Engenheiro fosse responsável pela produção de equipamentos de vinte a cinquenta por cento mais eficientes, a sua produção em trinta anos de carreira, geraria uma significativa economia de dinheiro (entre 6 e 15 bilhões de dólares por profissional), além de outras economias. Segundo os autores, isso justifica um investimento melhor na formação desses profissionais, pois os ganhos seriam de, no mínimo, cem vezes os custos.

Para Hawken, Lovins e Lovins (2000), depende também, da habilidade do profissional da construção fazer com que o investidor perceba vantagem no modelo de construção que respeita o ambiente de vida de todos os seres e a preservação dos elementos do ambiente natural e construído. Nesse sentido, é preciso fazer o modelo de Bioconstrução virar moda, mostrando o lucro obtido com ela, tanto o lucro sócio-ambiental como o financeiro. Além de passar a perceber que o cuidado com o ambiente é uma

necessidade, não apenas para as gerações futuras, mas também para as do presente. Dois aspectos são relevantes para que o profissional da Construção Civil possa ser promotor da adoção, pelo mercado, de um novo modelo de construção. O primeiro é que ele acredite na qualidade desse modelo e, segundo, que tenha a capacidade de não se render às exigências contrárias do mercado. O que é conseguido com o fortalecimento do primeiro ponto, ou seja, de que o profissional da construção veja valor na bioconstrução. Despertar os profissionais da área para esse valor é o objetivo do presente projeto de pesquisa.

Princípios orientadores para a Construção (COLOMBO, 2004):

- Menor é melhor – Otimizar espaços, de modo que os recursos na construção e na operação (uso) sejam mantidos a um nível mínimo, com o objetivo maior de reduzir a pegada 1 total do edifício e usar os espaço mais eficientemente.
- Uso máximo de recursos – Otimizar o uso de material, no sentido de redução
- Independente do tipo de material que se use, usando menos, menor será o impacto. Construir elementos que possibilitem e facilitem a reciclagem dos resíduos.
- Função múltipla para os elementos – Aproveitar o máximo de funções possíveis que cada elemento oferece.
- Considerar a Natureza como um modelo (“o resíduo de um processo é recurso de outro”, as formas da natureza não são lineares)
- Integração com o meio – Respeitar as características culturais e sociais da população.
- Eficiência em consumo e aproveitamento de energia e água.
- Vida útil longa e de baixa manutenção – Quanto mais longa a duração de um edifício, mais longo é o período de tempo sobre o qual podem ser amortizados seus impactos ambientais.
- Reutilização (reuso e adaptabilidade futuras) – Edifícios duráveis também requerem possibilidades de modificações para dar lugar a usos diferentes do originalmente projetado.
- Edifícios saudáveis – construir edifícios que sejam favoráveis à saúde dos seus ocupantes.

As principais especificidades observadas para definição dos princípios são: localização, habitabilidade, água, energia, resíduos, materiais, e como relacionado, porém com menor ênfase, alimento e fluxo sócio-econômico.

Delineiam-se, a seguir, de acordo com cada uma das especificidades (SATTLER [S.D.]b), os princípios:

- Princípios para Gerenciamento das Águas
 - Uso sensato de água
 - Administração ajustada ao sistema

- Água coletada dentro do sistema deve prover, até onde possível, a demanda total.
 - Reuso. Tais princípios podem ser sintetizados nas seguintes orientações: redução do consumo, reutilização de águas servidas e tratamento de águas residuais.
- Princípios para o Gerenciamento de Energia
 - Uso sensato de energia (máximo uso de energia natural e mínimo de artificialmente produzida)
 - Uso de fontes sustentáveis (renováveis)
 - Combinar diferentes fontes de energia para atender à demanda
 - Energia produzida dentro do sistema deveria ser maior que a incorporada através de fontes não-renováveis. Os princípios orientadores para gerenciamento da energia são: reduzir o consumo e produzir localmente a energia necessária e até mesmo energia excedente.
 - Princípios para o Gerenciamento de Resíduos
 - Redução de consumo de bem que contribuem para geração de resíduos - Uso de resíduo orgânico
 - Reciclagem de resíduo orgânico
 - Reuso de resíduo líquido
 - Tratamento biológico de esgoto. As diretrizes referentes ao gerenciamento do resíduo podem ser sintetizadas em: redução da produção de resíduos e aproveitamento máximo dos resíduos que não puderem ser reduzidos; tratamento descentralizado, local e em pequena escala; e separação dos diversos tipos de resíduos para melhor aproveitamento.
 - Princípios para Escolha e Aplicação dos Materiais de Construção
 - uso de materiais localmente produzidos; culturalmente, aceitos; que exijam o mínimo possível de manutenção e reposição; duráveis; não tóxicos; renováveis; recicláveis ou potencialmente recicláveis ou reutilizáveis;
 - preferência aos materiais com baixo nível de industrialização (tais como tijolos cerâmicos, madeira, palha, adobe, bambu, etc.);
 - evitar o uso indiscriminado de produtos cimentícios e os derivados de recursos fósseis, tais como os plásticos em geral, e, sempre que possível, de materiais embalados.
 - facilidade de desmontagem;
 - padronização de dimensões;
 - baixo conteúdo energético;
 - satisfatório para autoconstrução;
 - uso de técnicas construtivas que empreguem mão-de-obra local;
 - Princípios para Localização, Paisagismo e Edificação
 - Criar comunidade
 - Escolher locais já ocupados e mesclar o tipo de ocupação
 - Minimizar a dependência do automóvel
 - Projetar edifícios de forma a minimizar o impacto ambiental
 - Avaliar recursos do local

- Gerenciar de forma responsável os fluxos locais da água
- Situar a edificação de modo a beneficiar-se da vegetação existente
- Reciclar e utilizar edifícios existentes, ao invés de construir em espaço aberto
- Proteger e realçar o local

5. METODOLOGIA

A presente pesquisa é aplicada área de arquitetura e Urbanismo voltado ao tema de Habitações sustentáveis e a bioconstrução em arquitetura. O objeto de estudo é um projeto de uma habitação unifamiliar empregando sistemas bioconstrutivos e princípios da permacultura. Sua abordagem é qualitativa abordando a interpretação dos resultados obtidos através de análise de campo dos sistemas empregados em outras obras estudadas. Se utilizando dos seguintes procedimentos técnicos: Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa experimental e estudo de caso.

A pesquisa experimental foi realizada em 3 locais diferentes, onde observou-se as técnicas utilizadas em diferentes construções, e o comportamento dos materiais ao longo do tempo nas referidas implantações. Os locais escolhidos para análise experimental foram: Casa sede do Instituto de permacultura IPOEMA chácara Asa Branca, Brasília - DF; edificações do Centro de praticas sustentáveis do Jardins Mangueiral, Brasília - DF; Casa experimental no espaço Escola da Natureza, Brasília - DF.

5.1 Procedimento Metodológico

1. Pesquisa Bibliográfica: foi feito levantamento de toda a revisão bibliografia referente ao tema bioconstrução e tecnologias voltadas a sustentabilidade na arquitetura, abordando os assuntos tangentes à sistemas construtivos, sistemas estruturais, instalações hidráulicas e elétricas, captação de águas pluviais, reuso de água, reutilização de materiais em construção civil, e ciclos ecosustentáveis e relacionados ao modelo permacultural. além disso a pesquisa bibliográfica ocupou-se no estudo de projetos referentes ao tema e as soluções utilizadas em cada qual, estudando as formas como cada sistema foi implantado em cada caso com suas particularidades e necessidades de projeto.
2. Escolha dos sistemas a serem empregados no estudo de caso: Com base na revisão de bibliografia foram escolhidos alguns sistemas para incorporação no projeto da casa modelo. Sendo avaliados os seguintes itens:
 - Quesito sustentabilidade
 - Impacto ambiental e relações com o meio ambiente
 - Eficiência do sistema quanto à função
 - Benefícios do sistema na construção civil
 - Viabilidade econômica e executiva da aplicação do mecanismo
 - Os ganhos socioambientais que o mecanismo gera ao ser implantado

- A agregação de informação sobre essa tecnologia no campo da arquitetura
 - Os dados teóricos e práticos que auxiliam no futuro aprimoramento desse mecanismo
3. Análise experimental dos principais sistemas estudados: foi feita a análise em campo do funcionamento dos principais sistemas bioconstrutivos estudados, diagnosticando o comportamento do sistema em relação aos agentes climáticos e temporais.
 4. Produção do projeto arquitetônico da Unidade Habitacional modelo englobando os seguintes fatores:
 - sistemas estruturais e portantes
 - sistema de vedações estruturais
 - sistema de cobertura e proteção
 - Sistema de abastecimento Simples
 - Sistema de captação de águas pluviais
 - Sistema de captação de águas servidas em lavatórios sanitários simples
 - Sistema hidráulico sanitário
 - Sistema de instalações elétricas
 - sistema de aquecimento solar de baixo custo
 - Sistema de reciclagem de esgoto negro
 5. Produção gráfica de desenhos diagramáticos e detalhamento arquitetônico do estudo de caso.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já mencionado anteriormente, o produto final da presente pesquisa é o projeto de uma unidade de habitação unifamiliar, destinada a servir de modelo prático para outros projetos tratando-se de bioconstrução na construção civil. Um tema novo no campo da arquitetura contemporânea que tem ganhado forte expressividade na última década, embora ainda seja pouco explorado na prática em projetos de arquitetura e engenharia.

A globalização e os grandes avanços nas tecnologias contribuem de forma expressiva no desenvolvimento da engenharia e a construção civil, no entanto esse setor é responsável por um altíssimo impacto ambiental negativo. Muito embora, em números absolutos, ainda hoje haja mais casas construídas com recursos e técnicas de baixo impacto, o modelo de desenvolvimento tido como hegemônico vem levando a humanidade para uma elevada concentração urbana com cidades construídas à base de recursos industrializados obtidos e produzidos com um alto custo ambiental. Se por um lado o desenvolvimento, nos últimos duzentos anos, de técnicas como o concreto armado possibilitou a realização de projetos incríveis na área de engenharia, por outro, a base de recursos que viabilizaram tais projetos vem sendo paulatinamente escasseada e sua extração ou mineração vem sendo responsável por grande parte da contaminação ambiental.

Pode-se observar a questão da problemática das moradias sob no mínimo dois aspectos:

- um é a forma de organização territorial focada em grande centros urbanos, com grande adensamento populacional e a conseqüente ampliação da escala dos problemas e desafios decorrentes deste modo de ocupação, como o abastecimento de água para uma grande população, por exemplo;
- O outro é a construção civil em si. tipos de projetos e materiais utilizados, como o ferro e o cimento, recursos oriundos de mineração altamente dispendiosa de energia suja (poluente) e de grande impacto sobre o ambiente natural. Apenas em caráter de exemplo, podemos citar que a construção civil, além de ser dependente de recursos não renováveis como os já citados, hoje é responsável pelo consumo de 25% de toda energia gerada no planeta.

6.1 BICONSTRUÇÃO

No campo da construção civil, o conceito que aborda genericamente todas as iniciativas que visam diminuir os impactos ambientais ao meio ambiente, é o de Construção Sustentável. Entretanto, na abordagem da Permacultura, entende-se "construção sustentável" como um termo genérico para designar coisas distintas e com especificidades. O termo aponta para correntes diversas da construção sustentável, tais como bioarquitetura, arquitetura bioclimáticas, construção ecológica, ecocasas, construção natural e bioconstrução, entre outros.

Na maioria dos casos, o design permacultural que inclui moradias se vale de técnicas e procedimentos cuja aplicação se chama "bioconstrução". Dessa forma utiliza-se para esta pesquisa definição criada por André Soares (1998) de bioconstrução como o tipo de construção que "visa a utilização de materiais ecológicos, reduzindo o impacto ao meio ambiente por meio de técnicas da arquitetura vernácula mundial, algumas delas com centenas de anos de história e experiência, tendo como característica a preferência por materiais do local, como a terra, reduzindo gastos com fabricação e transporte e construindo habitações com custo reduzido e que oferecem excelente conforto térmico."

O que diferencia a bioconstrução das demais técnicas ou métodos construtivos são a ênfase no uso de recursos naturais locais, com a aceitação de recursos eventualmente industrializados em contextos como o de reuso ou reciclagem, e a associação à ideia de "autoconstrução", que significa que o futuro morador participa ativamente da obra em todas as suas etapas e, muitas vezes, envolve a família e a comunidade na qual está inserido na construção. Deste modo, a bioconstrução pode ser entendida como uma metodologia, pois contempla princípios norteadores que, quando aplicados, definem a técnica específica adequada caso a caso.

6.2 APLICABILIDADE

A bioconstrução pode ser aplicada sob 3 aspectos:

1. do ponto de vista da construção em si, ou seja, dos impactos dos materiais e processos construtivos no ambiente;
2. do ponto de vista da sua relação com o ambiente;
5. do ponto de vista do seu efeito na saúde dos usuários.

- **A Construção:**

Foi destacada na definição de bioconstrução a importância da escolha dos materiais que serão utilizados na obra. Isto se deve ao fato de que grande parte da energia e recursos consumidos na construção civil são em razão dos tipos de materiais utilizados. Para uma escolha de baixo impacto ou até de impacto positivo dos materiais nas bioconstruções, os critérios de escolha devem seguir a seguinte ordem:

- 1°. Materiais locais;
- 2°. Materiais naturais.

À primeira vista pode soar estranha essa distinção, já que se imagina que os materiais locais serão sempre naturais. Mas aqui ressalva-se a possibilidade de exceção, como, por exemplo, uma moradia que será edificada ao lado de uma cerâmica que descarta refugos de tijolos, que não tem saída no mercado, mas que servem perfeitamente à uma bioconstrução. Neste contexto, entende-se que o tijolo quebrado seja um recurso local, muito embora tenha passado por um processo industrial. O material natural, por sua vez, seja local ou não, refere-se àqueles que são simplesmente extraídos da natureza e usados em sua forma original ou com pouca transformação, como o solo local, pedras, madeiras, palhas, bambus e outros. É importante também dizer que a definição de local não é exata no aspecto físico. Ou seja, não há um parâmetro definido para ser considerado local ou não em relação a distância entre o local de extração e o local da obra. Mas empiricamente ser local significa dizer que o transporte do material não gere um alto grau de consumo energético nem de contaminação.

Além disso, um dos objetivos é também otimizar o gasto energético e isto está associado basicamente a uma interação com o solo e a paisagem, de modo que o que se procura é a adequação à topografia. O melhor exemplo disso é se projetar a edificação de modo a ter o menor trabalho possível com cortes na paisagem, terraplanagens e/ou aterros. E isto pode ser obtido com uma arquitetura adequada que preveja um projeto estrutural exequível.

- **Relação com o ambiente:**

Neste ponto, o que passa a ter importância é a arquitetura da edificação e seus projetos complementares. Na interação com o ambiente, o que se pretende com a bioconstrução é:

- Eficiência energética;
- Adequação bioclimática;
- inserção adequada ao local: eco-integração;
- Criação de microclimas ao redor;
- uso correto da água;

- tratamento dos efluentes.

Projetar para a eficiência energética significa ter um ótimo aproveitamento das oportunidades locais, como iluminação natural por meio do posicionamento adequado de portas, janelas e outros artifícios que permitam a entrada de luz solar durante o dia. Ou ainda, a circulação de ar se valendo dos ventos, o que pode ser potencializado posicionando-se janelas ou outras aberturas em relação ao vento predominante. um aspecto fundamental para a obtenção de eficiência energética é o correto posicionamento da edificação em relação à incidência solar, o que pode influenciar significativamente na temperatura interna da edificação. vale a pena lembrar que cerca de 25% da energia consumida na construção civil refere-se ao consumo nas edificações prontas, para iluminação e climatização.

A adequação bioclimática: trata-se de levar em consideração o clima, os solos e a vegetação do local da edificação. Isso evita, por exemplo, a impermeabilização de solos encharcados (de alto valor ambiental), ou casas que esquentam muito e necessitam de um alto custo energético para condicionamento térmico. Portanto, a adequação bioclimática favorece também a integração à paisagem. Para além de adaptação ao clima, os projetos complementares a uma casa bioconstruída podem propiciar um impacto positivo no ambiente gerando pequenos nichos que criem microclimas desejados. um exemplo disso é o caso do clima de Brasília, no qual temos um período extenso de estiagem e baixíssimos teores de umidade relativa do ar. A integração da edificação com elementos produtivos ou paisagísticos como pequenos lagos, por exemplo, podem contribuir significativamente para uma melhor qualidade de vida no uso da moradia.

- **3. Efeito na saúde dos usuários:**

Este aspecto sutil das bioconstruções está atrelado aos padrões de acabamentos e o condicionamento ao uso de eletrodomésticos em demasia. Muitas vezes, por exemplo, se opta pelo uso do ar condicionado, ainda que seja possível a obtenção de uma temperatura agradável sem o uso deste artifício. Escolhas como esta muitas vezes são responsáveis por danos à saúde dos moradores. Assim, em bioconstruções a intenção é:

- Evitar contaminação química;
- Promover a ventilação e iluminação natural;
- Evitar contaminação eletromagnética (excesso de emissão de ondas eletromagnéticas, com muitos aparelhos e uma rede elétrica exagerada).

6.3 RESULTADOS ESPECÍFICOS

Com o objetivo de desenvolver o projeto de uma unidade de habitação unifamiliar embasada nos princípios da bioconstrução, pesquisou-se as principais técnicas desenvolvidas nesse campo para a construção civil, fazendo uma compilação de cada técnica e uma breve análise sobre sua prática e seu benefício. A escolha de cada técnica se mostrou determinante quanto aos três pontos aplicados a bioconstrução, citados anteriormente, a construção, a relação com o meio ambiente, e a segurança ao usuário. A fins de poder comprovar a eficiência dos sistemas e comportamento à condicionantes

climáticas, foi feito acompanhamento e análise das técnicas estudadas. A seguir são exibidos as técnicas e o referido diagnóstico de campo das principais técnicas abordadas.

6.3.1 - SISTEMAS BIOCONSTRUTIVOS:

- Bambo:

Segundo Teixeira (2006), os pilares de bambu são peças altamente resistentes, podendo ser usadas em construções que possuem vários andares, permitindo que essas edificações tenham uma longa vida útil. Além disso, esse tipo de pilar é capaz de absorver uma grande quantidade de energia, sendo ideal para lugares onde há abalos sísmicos. Entretanto, para que sua durabilidade não seja afetada, é primordial que as peças de bambu não tenham contato direto com o solo, sendo necessária a construção de blocos de concreto ou de outro material para manter o pilar afastado, resguardando-o da umidade encontrada nos solos.

Como essa peça é importante para a estabilidade de uma obra arquitetônica, apanham-se as partes mais importantes dos colmos de bambu, sendo, segundo a autora citada acima, essas a parte média e inferior da planta, pois a existência de nós ao longo delas aumenta consideravelmente a resistência da peça.

As vigas e as treliças feitas com bambu são consideradas peças altamente resistentes, tendo grande resistência mecânica e espacial. É indicado que, para a composição dessa peça, sejam usadas varas com 3 metros cada como modo de evitar deflexões em relação à sua altura.

- Superadobe:

O superadobe é uma técnica de bioconstrução que utiliza sacos com terra comprimida para fazer paredes e coberturas. A técnica foi criada pelo arquiteto iraniano Nader Khalili. As construções em superadobe são feitas basicamente pelo empilhamento de sacos preenchidos com terra, formando as paredes, posteriormente cobertas com reboco e pintura, que também podem ser naturais. A forma final pode ser reta ou curva, e podem ser usados telhados ou então fazer a cobertura com o mesmo material das paredes, em forma de domo. Cada fileira de sacos de terra é prensada e colocada sobre a outra com um arame no meio, que prende as duas camadas e dá mais estabilidade. Os benefícios desse sistema são:

- Redução do custo e do tempo de construção;
- Excelente isolamento térmico, por ser à base de terra, e também acústico, por ter paredes grossas;
- Ausência de desperdícios, pois não necessita de escoramento e as tubulações passam pelo meio dos sacos, sem precisar de quebras;
- Execução simples, que pode ser feita muitas vezes por pessoas sem especialização, contanto que a casa tenha formas bem simples.

- Adobe:

O tijolo de adobe é um material de construção muito antigo. Consiste em um tijolo de barro e palha mesclados, que é moldado e seco naturalmente. É uma técnica altamente sustentável, pois não utiliza nada de cimento e não gasta combustível na secagem dos tijolos, por não ser queimado. Pelo uso da palha na sua composição, garante excelente

conforto térmico. As construções de adobe, quando bem feitas, podem durar muitas décadas. É uma técnica que está sendo cada vez mais resgatada e valorizada.

A principal vantagem consiste em ser um material ecológico e sustentável, já que o barro é um elemento reutilizável, e quando não cozido, pode ser triturado e umedecido para voltar ao estado original. Sua produção não necessita de grande quantidade de energia e ainda é um excelente isolante térmico, mantendo a temperatura dos ambientes sempre balanceados. Além disso, construções de adobe podem absorver até 30 vezes mais umidade do que uma de tijolo cozido.

A principal desvantagem desta técnica é que as construções com tijolos de adobe precisam ser protegidas da umidade, e não são todos os locais onde se pode implementá-los, já que ele se desintegra facilmente em contato direto com a chuva. Seu uso também não é próprio para edifícios com mais de um pavimento. Além disso, o barro não é um elemento padronizado, podendo variar a quantidade e o tipo de areia, argila e outros agregados de cada lugar onde a terra é extraída.

- COB:

É uma técnica de construção com terra que permite usar muita criatividade e liberdade, pois consiste em ir moldando a casa como se fosse uma grande escultura. COB é uma palavra inglesa cuja tradução literal é "MAÇAROCA". É muito antiga e amplamente utilizada em diferentes lugares do mundo. O COB é um material de construção composto de argila, areia e palha, similar ao adobe. Sua mistura é a prova de fogo e altamente resistente a movimentações do terreno.

As paredes feitas com COB são grossas e servem como massa térmica, fazendo com que a edificação se mantenha quente no inverno e fresca no verão, além de funcionar bem com variações de temperatura mais curtas, fazendo a casa ficar fria de dia e quente a noite. A técnica é feita a partir da mistura dos componentes, criando uma massa homogênea e plástica que será moldada. Após a mistura, são feitas bolas de argila colocadas uma em cima da outra, assim, levantando as paredes. Além das paredes, existe a possibilidade de criar parte do mobiliário da casa como, por exemplo, estantes e bancos.

- Taipa de Pilão:

Sendo um dos sistemas construtivos mais utilizados na antiguidade, essa técnica é considerada o mais sólido sistema de construção em terra crua, por conta das paredes serem construídas de forma inteira, monoliticamente. É uma palavra que tem origem latina, que descreve o início da construção (terra pisada) de paredes grossas, onde a terra é prensada entre tramas de madeira retangulares, e são deslocadas à medida que as paredes vão ficando prontas.

Para uma boa aplicação da taipa, duas etapas são importantíssimas, a seleção e dosagem do solo e a compactação. Depois da seleção do solo, faz-se o processo de compactação dentro do taipal (armação retangular de madeira), colocando a terra por camadas de 15 cm e depois usando um pilão para a compactação da mesma, realizando-a por camadas, umedecendo sempre que necessário, até que as camadas passem a ter cerca de 10cm. Depois que o taipal estiver totalmente preenchido com terra compactada, desarma-se a forma e arma-se mais acima, até formar a parede inteira (MONTORO, 1994). Uma estrutura construída com a técnica taipa-de-pilão, sendo bem feita, com paredes com espessura entre 40 e 80cm, será uma casa resistente e confortável do ponto de vista térmico e acústico. Em relação a estética da casa, essa técnica se torna bem interessante, pois pode dispensar o uso de reboco (revestimento), considerando que as paredes ficam lisas, permitindo a aplicação da pintura diretamente sobre as paredes, quando prontas.

- Solocimento:

O solocimento é um tijolo prensado feito de areia, argila e cimento. Os tijolos de solocimento não são queimados como os tijolos comuns, portanto não consomem combustíveis durante a sua fabricação, gerando menos impacto sobre o meio ambiente. Para queimar mil dos tijolos convencionais é necessário 1 m³ de madeira, o que corresponde a seis árvores médias! Além do mais a queima emite CO para a atmosfera, o que gera aumento do efeito estufa. Com o solocimento poupamos também o custo ambiental e econômico do transporte, já que podemos fabricá-lo no canteiro de obras e usamos principalmente matéria-prima local. Além do mais, não há desperdício de material em obra, já que os tijolos quebrados podem ser moídos e reaproveitados. O acabamento do tijolo é muito bonito, por isto pode-se usá-lo à vista. O traço, ou seja, a proporção entre solo e cimento pode variar entre 1:10, 1:12 ou 1:14. O ideal é fazer algumas amostras de cada mistura e verificar em laboratório se têm suficiente resistência. O processo de fabricação é o mesmo para qualquer um dos traços,

- Pau a Pique:

A técnica do pau-a-pique foi trazida pelos europeus na época da colonização. Tendo sido criada pelos árabes, essa técnica também foi bastante utilizada pelos carpinteiros portugueses na arquitetura naval. (LEMOS, 1979). Essa técnica é a mais difundida no Brasil, pela sua simplicidade e facilidade, pois qualquer pessoa pode construir usando-a, levando em consideração que não são necessários muitos esforços para a mistura da terra e para jogar o barro na trama.

A técnica do “pau-a-pique” consiste no entrelaçamento da madeira ou do bambu a pique sobre a fundação ou base, perpendicularmente a ela. Essa trama é fixada com os tocos numa distância de no mínimo um palmo no sentido horizontal, e depois no sentido vertical, com o mesmo espaçamento, amarrando-as com cipó ou pregando-as com parafusos ou pregos. Depois coloca-se o barro pelos lados de fora e de dentro, simultaneamente, comprimindo-o sobre a trama com as mãos, cobrindo todo o espaço entre os tocos. A massa do barro deve ser argilosa. Um problema dessa técnica de construção é a questão da leveza e espessura das paredes, pois estas atingem normalmente uma grossura de 15 a 20 cm, ou seja, não suportando mais pavimentos, sendo suscetíveis à maior degradação a fortes intemperismos, como fortes chuvas e ventos, trazendo a necessidade de constantes manutenções.

- Abastecimento de Água:

Nas comunidades rurais, ou localidades não servidas por saneamento básico urbano, pode-se usar água de poços ou coletar água da chuva. É melhor que as fontes de água estejam perto da casa, assim economiza-se materiais e deslocamentos. O acesso deve ser fácil. As fontes de água devem estar, também, longe de qualquer contaminação. As fezes humanas, por exemplo, devem ser tratadas, pois pouco a pouco a terra as absorve, até que elas atinjam a profundidade dos poços, contaminando a água. Se existir um sistema de tratamento do tipo fossa e sumidouro, deve haver uma distância mínima de 18 metros entre a fonte de água e o sumidouro.

- Ferrocimento:

O Ferrocimento é uma técnica que utiliza argamassa de cimento e areia armada em uma trama de vergalhões finos coberta por tela de galinheiro de fios galvanizados. É uma boa técnica para a construção de reservatórios de água, pois se podem construir grandes estruturas com pouco material. Com paredes de até três cm pode-se acumular grande

quantidade de água. Ainda que utilize cimento e ferro, que não são materiais ecológicos, leva uma quantidade bem menor de material que as cisternas convencionais. E é uma técnica artesanal, o que garante que as comunidades tenham domínio sobre ela e autonomia para construir desta forma.

Reuso de Água:

Existem muitas possibilidades de reuso de água registradas na literatura e informalmente no cotidiano das pessoas, variando conforme a aplicação, custos de implantação, de operação, manutenção e agentes locais. No entanto de forma simplificada, classifica-se as aplicações da água de reuso em: uso em área urbana, uso industrial, o uso associado à recarga artificial de aquíferos e o uso em atividades agrícolas, cujas definições e detalhamentos são a seguir especificados, de acordo de acordo com a abordagem feita por Ivanildo Hespanhol (1999).

Usos Urbanos

No setor urbano, o potencial de reuso de efluentes é amplo e diversificado. No entanto, por estar associado às atividades urbanas e possível contato com homem sua aplicação demanda certos parâmetros de qualidade, requerendo assim, sistemas de tratamento e de controle avançados, o que pode levar a custos incompatíveis com os benefícios de sua adoção. De acordo com as definições adotadas, os esgotos tratados podem ser utilizados para fins potáveis e não potáveis, desde que obedçam aos critérios básicos indicados a seguir.

1.1 - Usos urbanos para fins potáveis

Essa finalidade apresenta o produto final de reuso sob forma de água potável. Dessa forma sua composição deve apresentar critérios de qualidade segundo a legislação sanitária, se apropriando de mecanismos de purificação altamente avançados.

Águas de reuso oriundas de efluentes de estações de tratamento de esgotos, sobretudo de grandes cidades associadas a núcleos industriais, apresentam grau de risco elevado para a finalidade potável, já que o produto é passível de apresentar organismos patogênicos, metais pesados e compostos orgânicos sintéticos em sua composição. Além disso, os custos dos sistemas de tratamento avançados que seriam necessários levariam, na maioria dos casos, à inviabilidade econômico-financeira desse processo.

E de acordo com o autor a prática de reuso urbano para fins potáveis só poderá ser considerada garantindo-se sistemas de tratamento de vigilância sanitária adequados, obedecendo, estritamente, aos seguintes critérios básicos:

Empregar unicamente sistemas de reuso indireto;

Utilizar exclusivamente esgotos domésticos;

Empregar barreiras múltiplas nos sistemas de tratamento;

Adquirir aceitação pública e assumir as responsabilidades pelo empreendimento.

1.2 - Usos urbanos para fins não potáveis

Os usos urbanos não potáveis envolvem riscos menores e devem ser considerados como a primeira opção de reuso na área urbana. Englobando fins onde a água não é ingerida por pessoas ou animais, atendendo, por exemplo, na irrigação paisagística, reuso sanitário, lavagem de ruas, resfriamento de aparelhos de refrigeração entre outros. No entanto, cuidados especiais devem ser tomados quando ocorre contato direto do público com o produto ou a área onde foi utilizado. Os sistemas de tratamento para esse efluente podem

variar em razão da origem da água e do grau de qualidade desejado, refletindo assim nos custos de implantação.

Segundo Ivanildo, diversos países da Europa, assim como os países industriais da Ásia, localizados em regiões de escassez de água, exercem, extensivamente, a prática de reuso urbano não potável proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis.

Técnicas de Reuso

Tendo como tema central o estudo de técnicas de reuso de água para uma habitação unifamiliar exemplificativa, este trabalho se aterá à pesquisa de tecnologias referentes ao processo de reuso de esgoto urbano não potável, segundo as definições já mencionadas anteriormente. Dessa forma apresentar-se-ão à seguir algumas das principais técnicas de reuso de águas servidas conforme a literatura utilizada.

Captação de águas pluviais

O sistema de captação de águas da chuva é considerado um dos sistemas mais simples de reuso de água, pois na maioria dos casos a água captada já se encontra limpa, demandando pouco ou nenhum processos de purificação. Esse sistema se caracteriza pela coleta de águas pluviais, em coberturas, pisos, entre demais áreas precipitadas, direcionando-a à reservatórios dimensionados conforme a vazão estimada do produto coletado. Após isso, a água armazenada no reservatório é tratada ou não, conforme as necessidades do destino final, e então direcionada ao uso. Dentre os quais pode-se citar como exemplo:

- Irrigação paisagística;
- Lavagem de ruas e pisos;
- Uso não potável, como bacias sanitárias e torneiras;
- Uso potável, desde que tratado conforme as exigências sanitárias de qualidade. o aproveitamento de água da chuva traz numerosas vantagens, tais como simplicidade e facilidade de manutenção e controle, baixos custos de implantação. Além disso, a água tratada de maneira simples, pode ser aplicada com vantagens quando comparada com o sistema de reutilização de águas residuárias, embora dependa de períodos chuvosos para o abastecimento. E ainda apresenta benefícios ambientais, como redução de consumo de água potável, controle de drenagem pluvial, prevenção de enchentes, e manutenção do equilíbrio hidrológico.

Reuso de Águas Cinzas

O reuso de águas cinzas compreende na reutilização de águas usadas em pias de cozinha, lavatórios sanitárias, máquinas de lavar roupa/louça, chuveiros, entre outras finalidades em que a água não é acompanhada de dejetos. Esse tipo de água recebem o nome de águas cinzas em função da coloração final do produto, acumulando resíduos de sabão na maior parte. O reuso de águas cinzas pode ser aplicado tanto na irrigação de jardins como na reutilização doméstica, como lavagem de pisos, ou até mesmo na descarga sanitária. Em alguns casos, se faz uso de tratamento conforme a qualidade de água desejada, ou a diluição, melhorando o aspecto da água, ou usar o produto como recebido, por exemplo, na irrigação paisagística (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Além deste sistema, tem-se conhecimento de inúmeras outras tecnologias que reutilizam águas cinzas, variando em grau de complexidade, segundo vazões e graus de qualidade final. O sistema de filtração por caixa de areia apresenta-se como alternativa de fácil execução, bons custos iniciais, facilidade de manutenção e satisfação quanto à qualidade para uso não potável. Mas processos como diluição por tanque de osmose

reversa, ou tanque de flotação por ar dissolvido se apresentam como alternativas também visíveis de implantação.

Bacia de Evapotranspiração

o tanque de evapotranspiração é uma tecnologia proposta por permacultores para tratamento da água negra e consiste em um sistema plantado, onde ocorre decomposição anaeróbica da matéria orgânica, mineralização e absorção dos nutrientes e da água pelas raízes das plantas nas imediações. A ideia original é atribuída ao permacultor americano Tom Watson, adaptada em projetos implantados por permacultores brasileiros, principalmente no Estado de Santa Catarina e na região do Distrito Federal.

Resumidamente o sistema funciona como uma fossa séptica, no entanto plantas que consomem grandes quantidades de água são plantadas sobre o sistema, de modo que a água residuária, após passar por filtros naturais e decomposição anaeróbica é absorvida pelas raízes das plantas e retorna ao ciclo hidrológico pela transpiração vegetal. Conforme Vieira (2010), o funcionamento da bacia é descrito pelas seguintes etapas:

1. Fermentação

A água negra é decomposta pelo processo de fermentação (digestão anaeróbica) realizado pelas bactérias na câmara biosséptica de pneus e nos espaços criados entre as pedras e tijolos colocados ao lado da câmara.

2. Segurança

Os patógenos são enclausurados no sistema, porque não há como garantir sua eliminação completa. Isto é realizado graças ao fato da bacia ser fechada, sem saídas. A bacia necessita ter espaços livres para o volume total de água e resíduos humanos recebidos durante um dia. A bacia deve ser construída com uma técnica que evite as infiltrações e vazamentos para o solo.

3. Percolação

Como a água está presa na bacia ela percorre de baixo para cima e com isso, depois de separada dos resíduos humanos, vai passando pelas camadas de brita, areia e solo, chegando até as raízes das plantas, 99% limpas.

4. Evapotranspiração

A evapotranspiração é o principal princípio da bacia, pois graças a ele é possível o tratamento final do efluente, que só sai do sistema em forma de vapor, sem nenhum contaminante. A evapotranspiração é realizada pelas plantas, principalmente as de folhas largas como as bananeiras, mamoeiros, caetés, taioba, etc. que, além disso, consomem os nutrientes em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia nunca encha.

5. Manejo

Primeiro (obrigatório), a cobertura vegetal morta deve ser sempre completada com as próprias folhas que caem das plantas e os caules das bananeiras depois de colhidos os frutos. E se necessário, deve ser complementada com as aparas de podas de gramas e outras plantas do jardim, para que a chuva não entre na bacia. Segundo (opcional), de tempos em tempos, deve-se observar os dutos de inspeção e coletar amostras de água para exames. E observar a caixa de extravase, para ver se o dimensionamento foi correto. Essa caixa só deve existir se for exigido em áreas urbanas pela prefeitura para a ligação do sistema com o canal pluvial ou de esgoto.

Qualidade da Água

O reuso de água para qualquer fim depende da sua qualidade de água em relação aos aspectos físicos, químicos e microbiológicos. Os parâmetros físico-químicos em sua maioria são bem compreendidos, sendo possível estabelecer critérios de qualidade

orientados para o reuso. Entretanto os níveis microbiológicos são mais difíceis de serem quantificados. Dessa forma, segundo MANCUSO (2007), o padrão de qualidade da água de reuso fica confiado à destinação a qual será dada à água. Assim, permite-se a existência de impurezas presente na água, desde que aceitável para o devido uso.

Tratamento de Água

A água de reuso é uma opção correta do ponto de vista ambiental, afirma Rapaport (2004). Entretanto, para que possa ser utilizada deve ser feito um estudo da viabilidade, seja ela técnica ou econômica, de um projeto de reuso de água, além disso, faz-se necessário um levantamento criterioso do volume utilizado em cada aparelho hidráulico-sanitário, para que se possa saber a quantidade fornecida pelas fontes produtoras de efluentes e pelas potenciais fontes consumidoras de água reutilizada e sobretudo o tratamento necessário para atender a finalidade do produto.

- Caixa de Gordura:

A caixa de gordura é o primeiro passo necessário para o tratamento da água cinza. A água cinza é todo o resíduo que sai da pia da cozinha, do chuveiro e da lavagem de roupa.

Para construir e usar uma caixa de gordura, devemos ter alguns cuidados:

- Deve estar bem fechada para evitar que cheguem insetos e outros animais;
- Deve ter uma boa distância entre a entrada e a saída da água, para evitar que a gordura saia com o resto da água;
- O tamanho da caixa de gordura depende do número de refeições diárias de uma casa. Se tivermos um restaurante, temos que fazer a caixa de gordura maior do que a de uma casa.

Depois que sai da caixa de gordura, o resíduo deve passar por um filtro (Figura 125). Este pode ser, por exemplo, um filtro de areia. Depois de filtrada, a água pode ser direcionada para a horta ou para o jardim.

Biofiltros

Os biofiltros são sistemas que removem impurezas do ar ou mais comumente da água, por agentes biológicos, como a ação de bactérias encontradas nas raízes de plantas aquáticas como o aguapé e o capim vetiver, este último de origem indiana. Normalmente faz-se a filtração mecânica, por gravidade, passando a água por camadas de areia e saibro, e a seguir pela associação entre plantas, fungos e bactérias que procedem à biodegradação.

- Sistema de Aquecimento solar de baixo custo

Aquecedor solar de água é um sistema composto por coletores solares instalados sobre o telhado e ligados em uma caixa de água revestida com isolante térmico, que servirá para armazenar a água que foi aquecida nos coletores. Depois essa água (quente) será usada para o banho.

No Box do banheiro deve haver um misturador de água quente/fria e um chuveiro com *dimmer* (ou chuveiro eletrônico) para servir de suporte térmico para os dias sem sol.

O sistema funciona por termo-sifão, ou seja: a água do fundo do reservatório (água mais fria) vai para os coletores que são instalados abaixo do nível inferior do reservatório; quando o sol bater nos coletores, vai aquecer a água que está dentro deles; a água quente vai ficar mais leve, e será empurrada de volta para o reservatório térmico pela água mais fria (mais pesada) que virá do fundo do reservatório para a base dos coletores. Essa circulação será natural e constante enquanto tiver sol.

- Sanitário seco:

Consiste em um banheiro com dois vasos, cada um correspondente a uma câmara. Enquanto utilizamos uma, a outra permanece fechada. A medida que uma câmara vai enchendo, a temperatura aumenta, e começam a entrar em ação organismos termofílicos (que só sobrevivem em temperaturas altas) que decompõem a matéria fecal. Cada vez que se usa o sanitário deve-se colocar matéria seca, que evita odores, protege de insetos e acelera o processo de compostagem. a câmara é pintada de preto para que a temperatura fique mais alta e o processo seja mais rápido (a cor preta absorve mais calor). Quando uma câmara está cheia, fecha-se o vaso com uma tampa pesada e passa-se a utilizar a outra. O tempo que leva para encher uma câmara é tempo suficiente para que a matéria fecal da outra tenha virado adubo. assim pode-se esvaziá-la e tem-se um adubo de alta qualidade orgânica, para ser usado tanto na manutenção paisagística como em produções alimentícias.

6.3.2 - DIAGNÓSTICO DE CAMPO

A pesquisa experimental foi realizada em 4 locais diferentes, onde observou-se as técnicas utilizadas em diferentes construções, e o comportamento dos materiais ao longo do tempo nas referidas implantações. Os locais escolhidos para análise experimental foram:

- 1 - Casa sede do Instituto de permacultura IPOEMA chácara Asa Branca, Brasília - DF;
- 2 - edificações do Centro de praticas sustentáveis do Jardins Mangueiral, Brasília - DF;
- 3 - Casa das Sementes no espaço Escola da Natureza, parque da cidade, Brasília - DF;

A seguir encontra-se o diagnóstico feito a partir da análise de campo de cada sitio mencionando, assim como o registro fotográfico dos locais visitados e analisados.

1- Casa sede Instituto permacultural IPOEMA, chácara Asa Branca Brasília - DF;

A casa sede da chácara Asa Branca do Instituto Ipoema, foi construída por colaboradores do instituto através de mutirões de trabalho em associação com mão de obra especializada, como a maceraria. o projeto apresentar uma habitação unifamiliar de aproximadamente 300m², compondo de 4 quartos, sala, cozinha, varandas e 3 banheiros, a edificação foi construída na técnica de pau a pique com estrutura mista de bambu e madeira, fundações em superadobe e revestimentos com aplicação de reuso de materiais em mosaicos.

Durante a visita de campo, foi analisado as estruturas de madeira, que se encontravam em perfeito estado, as vedações de pau a pique, que em alguns locais se encontrava com fissuras ou irregularidades, o sistema de captação de água pluvial, o sistema de reciclagem de águas cinzas e negras e os acabamentos aplicados como revestimentos.



Figura 1: Sede Chácara Asa Branca (acervo pessoal)



Figura 2: parede pau a pique (interno) - fissuras e deformações da estrutura (acervo pessoal)



Figura 3: parede pau a pique (externo)- fissuras e deformações da estrutura apresentando marcas de infiltração e rachaduras (acervo pessoal)



Figura 4: Tanque de ferro cimento - armazenamento de água pluvial (acervo pessoal)
Figura 5: Tanque de ferro cimento (externo) - fissuras da estrutura (acervo pessoal)

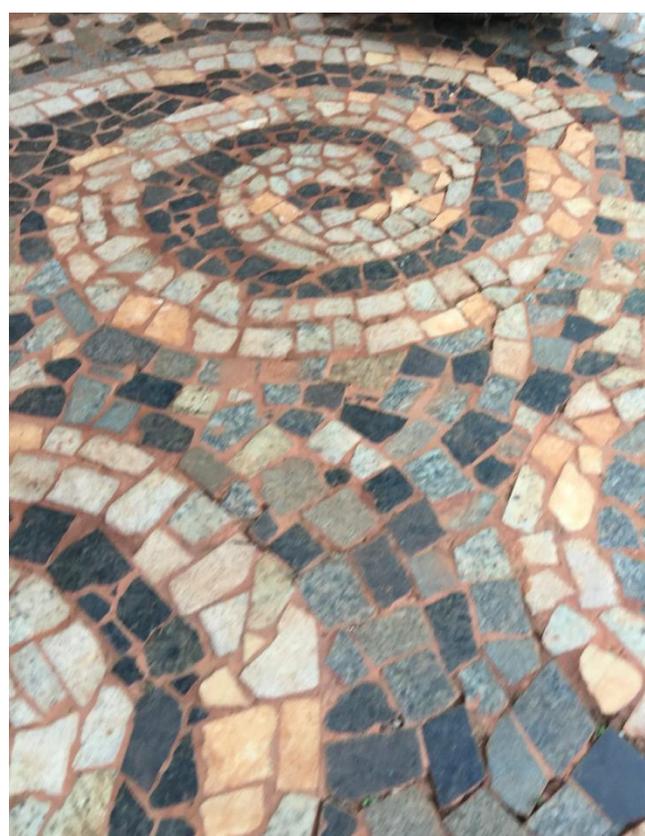


Figura 6: Piso externo - Revestimento tipo mosaico com reutilização de peças de granito descartadas pela indústria (acervo pessoal)
Figura 7: Piso externo (detalhe) - Revestimento feito a partir de peças de reuso e argamassa de barro (acervo pessoal)

2 - Edificações do Centro Práticas sustentáveis do Jardins Mangueiral, Brasília DF;

O centro de práticas sustentáveis do jardins mangueiral, em Brasília, compreende em um espaço de oficinas, cursos e pesquisa acerca de práticas sustentáveis e ligadas ao meio ambiente, todas as edificações do complexo foram construídas sob os princípios da bioconstrução e técnicas permaculturais. Hoje porem o complexo esta desativado e sem expectativas de reabertura.

Durante a visita ao espaço analisou-se as técnicas aplicadas em estruturas, vedações, coberturas, e reciclagem de água e resíduos. devido a desativação do complexo e suas dependências, varias partes das construções se encontravam em deterioração. no entanto outras já apresentaram bom comportamento à resistência do tempo e ações climáticas.



Figura 8: entrada centro de visitantes - cobertura verde com gramíneas (acervo pessoal)

Figura 9: pavilhão de oficinas e sanitários - paredes em taipa de mão e estrutura mista de madeira e bambu (acervo pessoal)



Figura 10: pavilhão de jogos e atividades - paredes em pau a pique e estrutura mista de madeira e bambu (acervo pessoal)

Figura 11: pavilhão de jogos e atividades (detalhe) - sistema de amarração da estrutura de cobertura em bambu (acervo pessoal)



Figura 12: Centro de visitantes (vista aérea) - cobertura verde (acervo pessoal)
Figura 13: de visitantes (vista lateral) - cobertura verde (acervo pessoal)



Figura 14: Cobertura verde centro de visitantes (detalhe) - estrutura de cobertura em madeira e fechamento com painel de OBS coberto com manta impermeável (acervo pessoal)
Figura 15: Cobertura verde centro de visitantes (detalhe) - saída de drenagem de água pluvial, deterioração do material e infiltração (acervo pessoal)



Figura 16: pavilhão de oficinas (detalhe) - estrutura em madeira e vedação em parede de tijolo solocimento bom estado de conservação e resistente ao tempo (acervo pessoal)

Figura 17: centro de visitantes (detalhe) - proteção das fachadas com painel em ripas de bambu, apresentando pouca resistência ao tempo mas eficácia na proteção das fachadas (acervo pessoal)

3 - Casa das sementes Espaço Escola da Natureza, Parque da Cidade, Brasília - DF;

O espaço escola da Natureza fornece um ponto de encontro para atividades pedagógicas e divulgação de ideias ligadas a permacultura, dessa forma, o complexo formado dentro do parque da cidade em Brasília abriga algumas edificações de bioconstrução modelo. O intuito é oferecer a nível prático e físico exemplares das possibilidades da bioconstrução. Dessa forma, o espaço apresenta um pequeno pavilhão de atividades construído em bambu, uma casa experimental modelo, um banheiro seco, um centro de visitantes e oficinas e espaço horta e viveiro educativo.

Com a visita de campo foram analisadas as principais técnicas empregadas na casa experimental construída no complexo. e edificação foi construída através de mutirão pelos próprios apoiadores do projeto, e as técnicas empregadas foram sistema estrutural de bambu, fundação de superadobe, vedações em taipa de pilão e piso de solo cimento. o estado de conservação da edificação e dos materiais se apresentou satisfatório, com paredes lisas e sem fissuras e estrutura sem torções e vazamentos.



Figura 18: casa experimental - paredes de taipa de pilão apresentando boa resistência (acervo pessoal)



Figura 19: casa experimental - estrutura em bambu, pilares de sustentação e cobertura (acervo pessoal)



Figura 20: casa experimental (detalhe) - treliça de bambu sustentação da cobertura (acervo pessoal)



Figura 21: banheiro seco - estrutura em funcionamento e bom estado de conservação (acervo pessoal)



Figura 22: pavilhão de atividades (detalhe) - estrutura completa em bambu apresentando ótimo estado de conservação e boa resistência as cargas e intempérie (acervo pessoal)
Figura 23: pavilhão de atividades - estrutura completa em bambu, sistema amarração e apoio, sapata bambuconcreto. (acervo pessoal)

7. O PROJETO

Como objeto de estudo da presente pesquisa, desenvolveu-se um projeto baseado nos preceitos da bioconstrução e permacultura a função de exemplificar a nível de projeto as principais técnicas em bioconstrução. e a partir de acordo firmado entre o pesquisador e a Empresa Villa Giardini Ecoparque, o projeto foi ofertado para a implantação dentro do parque, permitindo assim a visitação da casa e a divulgação das técnicas empregadas. Dessa forma propõe-se um projeto de habitação social unifamiliar que possui em torno de cinquenta e sete metros quadrados, contendo um quarto, um banheiro, uma sala, uma cozinha e uma dependência de serviços. com base nas técnicas estudadas e já elucidadas ao longo deste trabalho, escolheu-se as os principais métodos e sistemas para serem empregados na edificação, combinando-se entre si e ate mesmo utilizando mais de um sistema a fins de poder exhibir as diversas potencialidades dos métodos bioconstrutivos. Sendo assim o desenvolvimento do projeto a partir das seguintes premissas:

- Integração com o meio e condicionais ambientais
- Baixo impacto ambiental e social
- Uso de materiais locais e naturais
- Aproveitamento máximo dos recursos
- Reciclagem dos resíduos
- Função múltipla para os elementos
- Eficiência em consumo e aproveitamento de energia e água.
- Vida útil longa e de baixa manutenção
- Reutilização de materiais
- Segurança ambiental e ao usuário

O Projeto da habitação Modelo visa, portanto, demonstrar a nível prático as diferentes técnicas construtivas desenvolvidas pela permacultura, explorando as potencialidades de uma construção saudável e em equilíbrio com o meio ambiente dentro dos padrões do mercado imobiliário. Dessa forma foram escolhidas as principais técnicas e soluções arquitetônicas que juntas pudessem ilustrar uma habitação modelo em sustentabilidade e eficiência energética. A seguir são listadas as técnicas escolhidas e locais de inserção:

- Fundação em superadobe
- Estrutura mista em bambu e madeira
- Alvenarias de contenção em superadobe
- Alvenaria exterior em tijolos de adobe
- Alvenaria interna em taipa de mão
- Piso cimento queimado com mosaico reciclável
- Vedações com janelas e portas de demolição
- Proteção de fachadas em treliça de bambu
- Cobogó de adobe moldado
- Cobertura jardim (terraço permeável)
- Laje jardim em adobe e ferro
- Reservatório de água ferro cimento
- Captação de águas pluviais
- Separação de esgoto negro e águas cinzas
- Reuso de águas cinzas em irrigação paisagística
- Bacia de evapotranspiração
- Aquecimento solar de baixo custo
- Ventilação Natural e aproveitamento de luz solar

Em virtude de se tratar de uma estrutura exemplificativa de uma unidade de habitação social modelo, em que o projeto deve servir como referência de estudo, independente de fatores, regionais ou locais, levou-se em conta fatores como: materiais de construção, a facilidade de montagem e construção, a praticidade no deslocamento da estrutura, a manutenção do sistema, o conforto e segurança do usuário e, sobretudo a racionalização e sustentabilidade do sistema, elevando em conta as relações entre materiais e técnicas com o meio ambiente e impactos ambientais.

Planta de layout

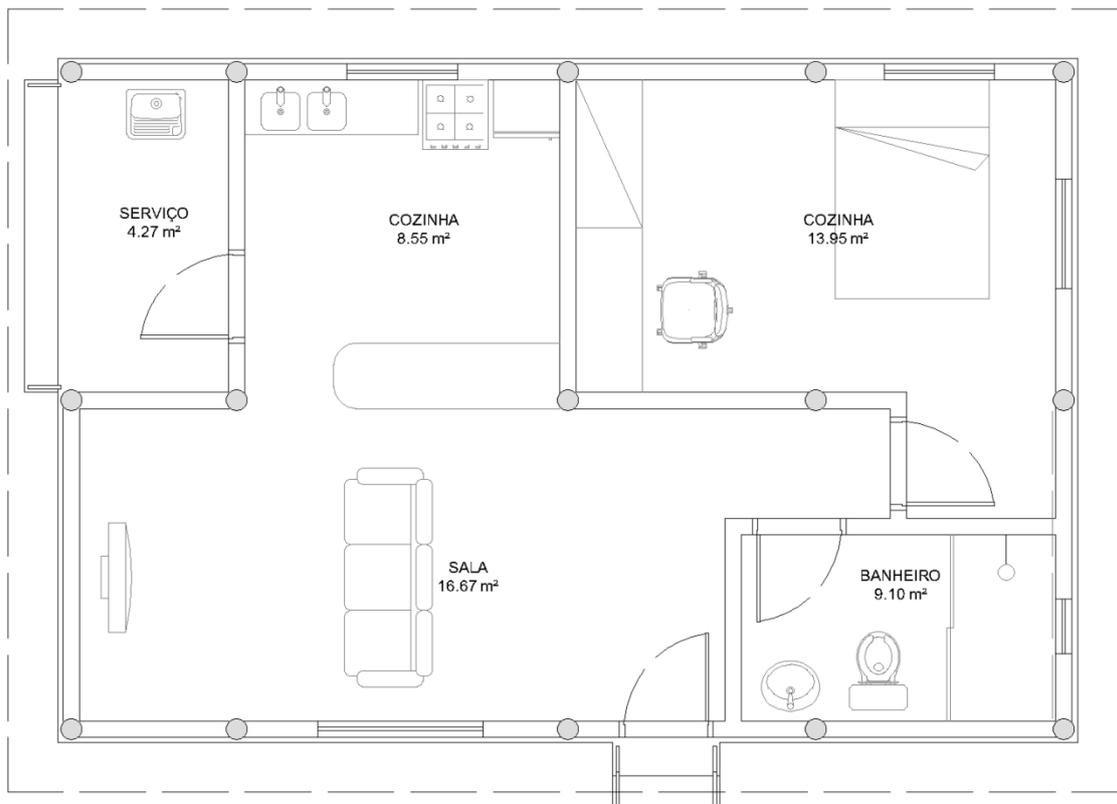


Figura 24: Planta baixa de layout habitação modelo em bioconstrução.

Planta baixa

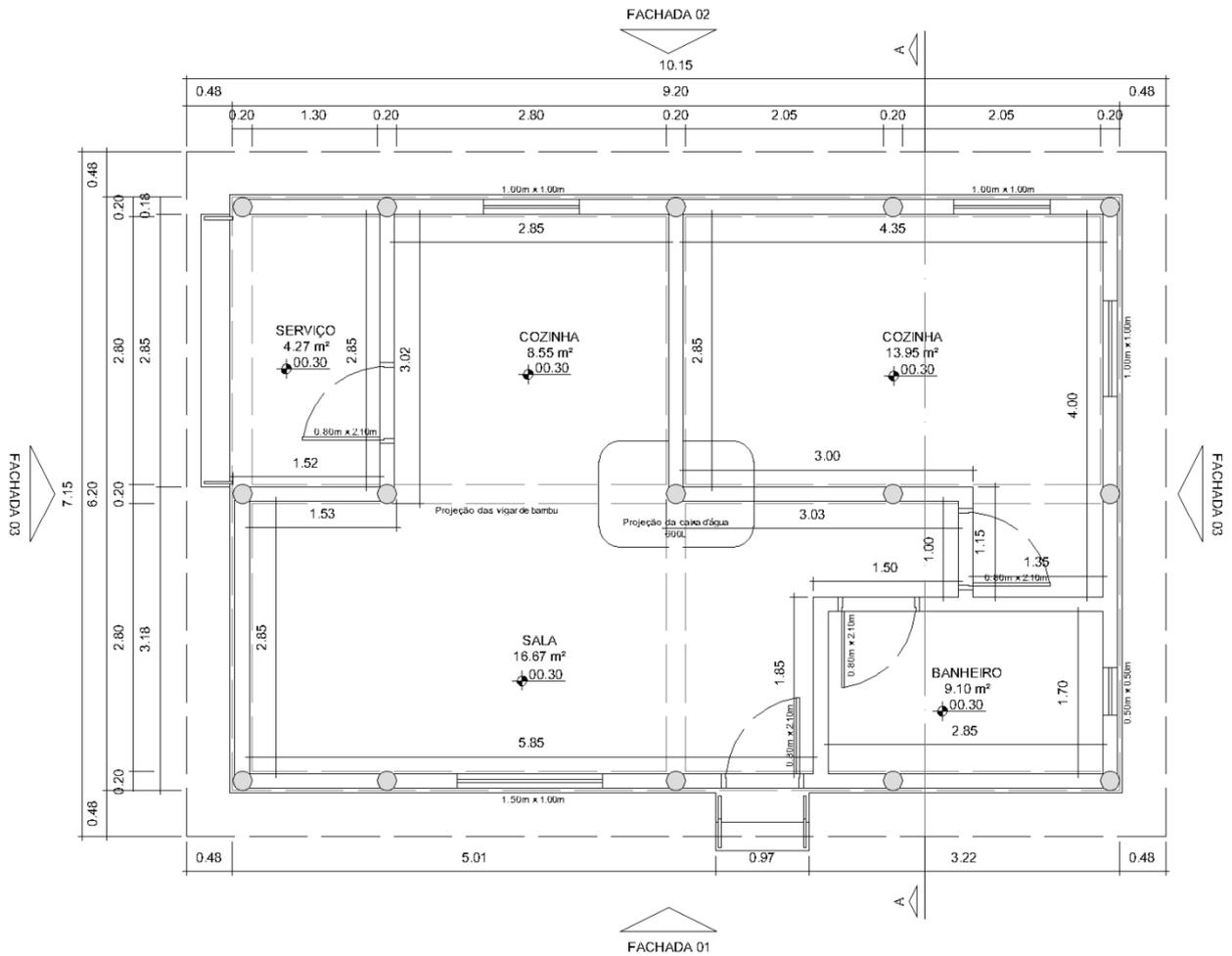


Figura 25: Planta baixa técnica habitação modelo em bioconstrução.

7.1 Estudo de Viabilidade

A fim de exemplificar a viabilidade econômica do projeto da Unidade de habitação de bioconstrução, a presente pesquisa apresenta um estudo de viabilidade econômica realizado com base em estimativas de custo e valores de mercado coletados à data de 20 de Julho de 2017.

ITEM	VALOR
Terra vermelha	R\$2.000,00
Madeiramento e bambu	R\$2.000,00
cimento	R\$800,00
areia	R\$500,00
Tubulações de água e esgoto	R\$400,00
Madeiramento cobertura	R\$500,00
Acessórios estruturais	R\$200,00
Ferramentas e utensílios em geral	R\$1.000,00
Iluminação e eletrificação	R\$500,00
Acessórios hidráulico sanitários	R\$700,00
Treliças metálicas e ferragens	R\$500,00
Sistema de aquecimento solar	R\$1.500,00
Sistema de isolamento das áreas técnicas	R\$300,00
Manta de impermeabilização cobertura	R\$1.000,00
Piso e acabamentos	R\$1.000,00
Vedações (portas e janelas)	R\$2.000,00
Mão de obra	R\$10.000,00
Despesas externas	R\$5.000,00
TOTAL	R\$ 22.900,00

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esta pesquisa exemplificou-se que a bioconstrução é uma técnica possível de ser implantada na arquitetura. A partir dos resultados obtidos constatou-se a viabilidade de execução das técnicas abordadas assim como a eficiência do sistema ao meio ambiente e aos usuários. Sendo assim o projeto do estudo de caso, a unidade de habitação em bioconstrução apresentado oferece a nível pré eliminar de projeto o funcionamento da estrutura e dos sistemas adotados. Sendo a chance de executá-lo a nível de

experimentação pratica uma grande oportunidade para a complementação desta pesquisa assim como o aprimoramento das técnicas de bioconstrução e a difusão desta pratica na sociedade através da visitação publica da unidade apos o termino da implantação.

Para finalizar, cabe levantar uma questão relevante quanto a questão financeira de uma bioconstrução? Ou melhor, quais os custos envolvidos para adoção das estratégias propostas no sentido de bioconstruir? E como mostram Hawken, Lovins e Lovins (2000), é possível realizar bioconstruções com nenhum custo extra e, até mesmo, com maior lucratividade. Assinalam, ainda, que as novidades (elementos construtivos mais eficientes, a própria bioconstrução) podem ser convertidas em vantagens de mercado (passando a ser mais valorizados no mercado). Dessa forma é necessário passar a perceber que o cuidado com o ambiente é uma necessidade, não apenas para as gerações futuras, mas também para as do presente. Sendo a habilidade do profissional da construção fazer com que o investidor perceba vantagem no modelo de construção que respeita o ambiente de vida de todos os seres e a preservação dos elementos do ambiente natural e construído. Nesse sentido, é preciso fazer o modelo de Bioconstrução virar moda, mostrando o lucro obtido com ela, tanto o lucro sócio-ambiental como o financeiro.

Sendo assim conclui-se que a bioconstrução é uma pratica viável de ser implantada não só em habitações unifamiliares, mas em outras estruturas arquitetônicas também, sendo uma alternativa de fácil implantação e em harmonia com o meio ambiente, apresentando forte potencialidade para o futuro da construção civil. Dessa forma espera-se que esta pesquisa possa contribuir para o firmamento dessa ideia no campo específico da arquitetura e engenharia assim como o desenvolvimento de novos projetos referentes a pratica de princípios bioconstrutivos, despertando os profissionais da área para o valor e o potencial deste recurso no mercado.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, R.S. Princípios do ecoedifício: integração entre ecologia, consciência e edifício. São Paulo: Aquariana, 2001.

ANDRADE NETO, C. O. *Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira*. São Paulo: ABES, 1997.

ARAÚJO, M. A. A moderna construção sustentável. IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Acesso realizado em 27/04/2016 às 13:00hrs, Disponível em: <http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf> consulta realizada em dezembro de 2008.

ARAUJO, E. P. *Casa Ecológica: uma nova maneira de construir*. UniCEUB. Brasília-DF, 2004

BIOCONSTRUINDO. Apostila do participante – curso de bioconstrução. Ecocentro IPEC, 2006.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. Our common future: The World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University, 1987.

BRAUN, R. Desenvolvimento ao ponto sustentável. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. Filho, Demóstenes; Santini, Patrícia; Ferreira, Margarida. Gente cuidando das águas. Brasília, DF. Ideal, 2002.

COLOMBO, Ciliana R. Princípios teórico-práticos para formação de engenheiros civis: em perspectiva de uma construção civil voltada à sustentabilidade. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.

FANTINELLI, J. T. Tecnologia Solar de Interesse Social e Baixo Custo Para Aquecimento de Água na Moradia. Campinas: UNICAMP, Faculdade de Engenharia Mecânica, São Paulo, 2002. Tese (Mestrado).

GOUVÊA, Luiz Alberto: Biocidade: Conceitos e critérios para um desenho ambiental urbano, em localidades de clima tropical de planalto. Editora Nobel.

HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory; LOVINS, L. Hunter. Capitalismo natural: criando a próxima revolução industrial. Trad. Luiz A. de Araújo e Maria Luiza Felizardo. São Paulo: Cultrix, 2000.

IPEC – Instituto de Permacultura e Ecovila do Cerrado. Acesso realizado em 27/04/2016 às 13:00hrs, Disponível em: <http://www.ecocentro.org> consulta realizada em novembro de 2008.

JANNUZZI, G. *Planejamento integrado de recursos energéticos*. Campinas: Autores Associados, 1997.

KHALILI, Nader: Ceramic Houses and Earth Architecture - How to build your own. Editora Cal Earth.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. *Projetos de Edificações Sustentáveis*. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre, RS. Bookman, 2010.

KWOK, Alison; GRONDZIK, Walter. *Manual de Arquitetura Ecológica*. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre, RS. Bookman, 2013.

LAMBERTS, Roberto... [et al.]. *Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico*. UFSC Florianópolis – SC, 2010.

MANCUSO, Pedro; SANTOS Hilton. *Reúso de água*. Barueri, SP. Manole (USP), 2003.

MASCARÓ, Lúcia R. *Energia na Edificação. Estratégia para minimizar seu consumo*. Projeto

MIERZWA, J. *O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria – Estudo de caso da Kodak Brasileira*. 367p. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002.

MOLLISON, B & SLAY, R.M. *Introdução a Permacultura*. Brasília: DF, 1998.

MONTORO, Paulo. “Como Construir Paredes de Taipa”. Folheto desenvolvido a partir do “workshop” sobre paredes de taipa, ministrado pelo arquiteto David Easton e equipe para protótipo habitacional em Pindamonhangaba - SP. Produzido pelo ILAM - Instituto Latino Americano, e escritório Arquiteto Paulo Montoro e Associados. São Paulo, 1994.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano*. Projeto, SP, 1988.

PINTO, Áureo M.G.; NEME, Fernando J. P.. *Guia de Permacultura - Versão Digital*. Prefeitura de São Paulo. São Paulo – SP, 2014.

SANTORO, Renata; PENTEADO, Cláudio. *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

SATTLER, Miguel Aloysio; et al. *Estratégias sustentáveis para o Refúgio Biológico Bela Vista, em Foz do Iguaçu*. III ENECS - ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS. 1 CD-ROM. Word for Windows, [S.D.]c.

SOARES, A. L. J. *Conceitos básicos sobre permacultura* - Brasília: MA/SDR/PNFC, 1998. 53 p. Acesso realizado em 27/04/2016 às 13:00hrs, Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/permacultura/Conceitos_Basicos_Permacultura_Andre_Soares.pdf

VIGGIANO, M.H.S. *Reuso das águas cinzas*. LabCau – Laboratório da Casa Autônoma de Arquitetura Sustentável. Brasília. Disponível em: <http://www.casaautonoma.com.br/textos/reusodasaguascinzas.htm>.

TEIXEIRA, Anelizabete Alves. *Desempenho de painéis de bambus argamassados para habitações econômicas: aplicação na arquitetura e ensaios de durabilidade*. 2013. 137 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília. 2013.