

VI-252 - DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E SOCIOAMBIENTAL DE TECNOLOGIAS E ALTERNATIVAS DIRECIONADAS PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NA HABITAÇÃO

Clauciana Schmidt Bueno de Moraes⁽¹⁾

Professora Doutora e Pesquisadora na UNESP. Pós-Doutorado Empresarial em Ciências Ambientais (CNPq). Doutorado e Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental (EESC/ USP). Graduação em Geografia (UNESP) e Administração (UNIP).

Caroline Antonelli Santesso⁽²⁾

Engenheira Ambiental (UNESP). Mestre em Ciências, área Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia (IAU/ USP).

Rodrigo Pietro Rocha⁽³⁾

Engenheiro Ambiental (UNESP). Analista Pleno na Accenture.

Stephani Cristine de Souza Lima⁽⁴⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental (UNESP). Estagiária na Suzano Papel e Celulose.

Endereço⁽¹⁾: Avenida 24 A, 1515 – Bela Vista – Rio Claro - SP - CEP: 13506-900 - Brasil - Tel: +55 (19) 35269340 - e-mail: clauciana.schmidt@unesp.br

RESUMO

O trabalho visou diagnosticar as tecnologias/ alternativas existentes de materiais, energia e gestão de água que podem ser utilizadas para edificações mais sustentáveis auxiliando na redução de custos e impactos ambientais. Este tem o intuito de auxiliar no incentivo à diminuição do consumo de energia e uso de fontes renováveis, gestão adequada da água e escolhas de materiais mais sustentáveis para aplicação em edificações novas ou existentes. Para isso, foi realizado na primeira etapa do trabalho um diagnóstico de tecnologias e alternativas existentes nas temáticas citadas (energia, água e materiais) e testados em estudos fictícios separadamente. A segunda etapa do trabalho consistiu em analisar dentre as tecnologias e/ ou alternativas diagnosticadas com uso das metodologias testadas quais podem ser aplicadas em conjunto em um estudo de caso na habitação, para a implantação e/ ou manutenção e a viabilidade analisando por fim, os indicadores ambientais, sociais e econômicos. Os resultados demonstraram que existem diversas tecnologias/ alternativas nas temáticas estudadas, ou seja, em energia, gestão de água e materiais que podem ser utilizadas no setor de construção civil, e que podem trazer benefícios socioambientais e econômicos. Através das etapas do projeto, ou seja, do diagnóstico das tecnologias existentes, análise de viabilidade de aplicação, análise do tempo de retorno do investimento de cada tecnologia em energia, gestão de água e materiais, uso de indicadores para análise da viabilidade socioambiental e econômica, pode-se obter quais as melhores alternativas e tecnologias para o uso na habitação, a qual foi o estudo de caso deste projeto. Por fim, esta pesquisa visa incentivar novos estudos e o uso de tecnologias e/ ou alternativas mais sustentáveis, podendo ser aplicadas além da habitação, em outras edificações públicas/ privadas e no auxílio da elaboração de políticas públicas para redução de custos e melhoria na qualidade das edificações com vistas a construção mais sustentável.

PALAVRAS-CHAVES: Construção Sustentável, Tecnologias e Alternativas, Viabilidade Socioambiental, Viabilidade Econômica, Habitação.

INTRODUÇÃO

Com a intensificação das atividades humanas surge também o aumento do uso dos recursos naturais, os quais se utilizados de forma descontrolada podem direcionar a consequências negativas irreversíveis e o esgotamento de tais recursos e progressivamente a alteração ou até mesmo comprometimento de algumas destas atividades caso não geridas de forma adequada. Diante do aumento dos impactos ambientais, sociais e econômicos de tais atividades, aumenta-se também a preocupação de se buscar um novo modelo de economia que considere sua relação direta com o uso e exploração adequada dos recursos naturais.

A construção civil é um dos setores que mais gera impactos negativos ao meio ambiente. E com o crescimento da população e consequente aumento na demanda deste setor, torna-se imprescindível ações que busquem a

minimização de tais impactos ambientais e otimização de processos, bem como benefícios econômicos e sociais. A partir dessa preocupação surge a construção sustentável, ou seja, a busca pelo gerenciamento adequado do ambiente construído, e este setor começa a implantar práticas menos impactantes possíveis e com maiores responsabilidades às questões socioambientais e até mesmo com menor custo econômico.

Dentro deste novo panorama da construção sustentável, aplicam-se diversas tecnologias e/ ou alternativas que buscam utilizar o conceito de sustentável na prática neste setor. Todavia, algumas dessas tecnologias, muitas vezes são ótimas tecnicamente, porém com custo muito elevado, tornando algumas vezes uma obra com um custo mais elevado que não compensa tal aplicação. Outras vezes, tal tecnologia é viável tecnicamente, mas ambientalmente sua substituição não compensem os gastos extras que possa ter pois não irá gerar um tempo de retorno tal favorável.

Diante do impasse de tantas tecnologias e/ ou alternativas disponíveis no mercado, da necessidade de repensar o setor de construção civil com esse viés mais sustentável, que gere menos impactos, este trabalho demonstra o diagnóstico, análise de viabilidade socioambiental e econômica através do uso de indicadores, selecionando algumas que possam ser aplicadas nas temáticas de energia, gestão de água e materiais para uso na habitação (residência unifamiliar). E de certa forma, contribui para o incentivo na criação e aplicação de políticas públicas e legislações que envolvam este setor para o uso de tecnologias mais sustentáveis.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo geral diagnosticar e analisar as tecnologias/ alternativas e existentes de materiais, energia e gestão de água que podem ser utilizadas para edificações mais sustentáveis auxiliando na redução de custos e impactos ambientais. Os objetivos específicos são: - analisar as tecnologias nas temáticas citadas (energia, gestão de água e materiais) existentes e sua aplicação no contexto da construção sustentável em habitações; - analisar os custos de implantação e / ou manutenção das tecnologias diagnosticadas, sua eficácia e viabilidade através de indicadores econômicos, ambientais e sociais voltados para a construção sustentável.

METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada uma coleta de dados sobre as tecnologias e/ ou alternativas existentes em energia, gestão de águas e materiais considerados mais sustentáveis, na sequência foi realizada uma análise das dificuldades recorrentes entre os diversos autores citados nesta metodologia, originando assim uma lista de parâmetros a serem analisados para selecionar os itens em cada temática mais adequado a ser empregado na edificação (existente e/ ou em construção). Nesta coleta de dados foram realizadas pesquisas bibliográficas, de mercado e visitas técnicas, sendo registrados e testados em sub-projetos vinculados a este trabalho que retratam os resultados por temáticas do levantamento dessas tecnologias e alternativas (Figura 1). As visitas técnicas foram realizadas durante o triênio pela docente e equipe dos sub-projetos em diversos locais que apresentassem tecnologias e/ ou alternativas para energia, gestão de águas e materiais, para verificação real dos pontos positivos e negativos, bem como a viabilidade de sua implantação. Para cada temática, ou seja, de energia, gestão de águas e materiais, foram utilizados cálculos específicos que direcionaram a seleção das tecnologias e/ ou alternativas mais eficazes e viáveis para uso e adaptação em residências unifamiliares visando aplicação do conceito da construção sustentável, redução de custos e impactos socioambientais. Estes cálculos são descritos a seguir por temática (Tabela 1). Após a aplicação da metodologia teste em cada temática, foi realizado uma simulação de residência unifamiliar (estudo de caso), com o uso de indicadores econômicos e socioambientais em cada contexto e o cálculo de investimento e tempo de retorno, visando demonstrar as três temáticas num contexto único que pode ser aplicado a uma residência. Como estudo de caso, foi selecionado uma residência do Programa MCMV – Programa Minha Casa Minha Vida do governo federal do Brasil. A residência selecionada tem suas características, localidade e demais detalhes descritos nos resultados deste projeto. Ressalta-se que esta metodologia pode ser adaptada, e seu uso na habitação pode direcionar e ampliar sua aplicação a outros tipos de edificações desde que utilizadas as dimensões exatas e tecnologias adequadas para sua simulação em cada caso. Ainda, na metodologia de materiais seguem alguns complementos necessários para explicar tais parâmetros utilizados (Tabela 2).

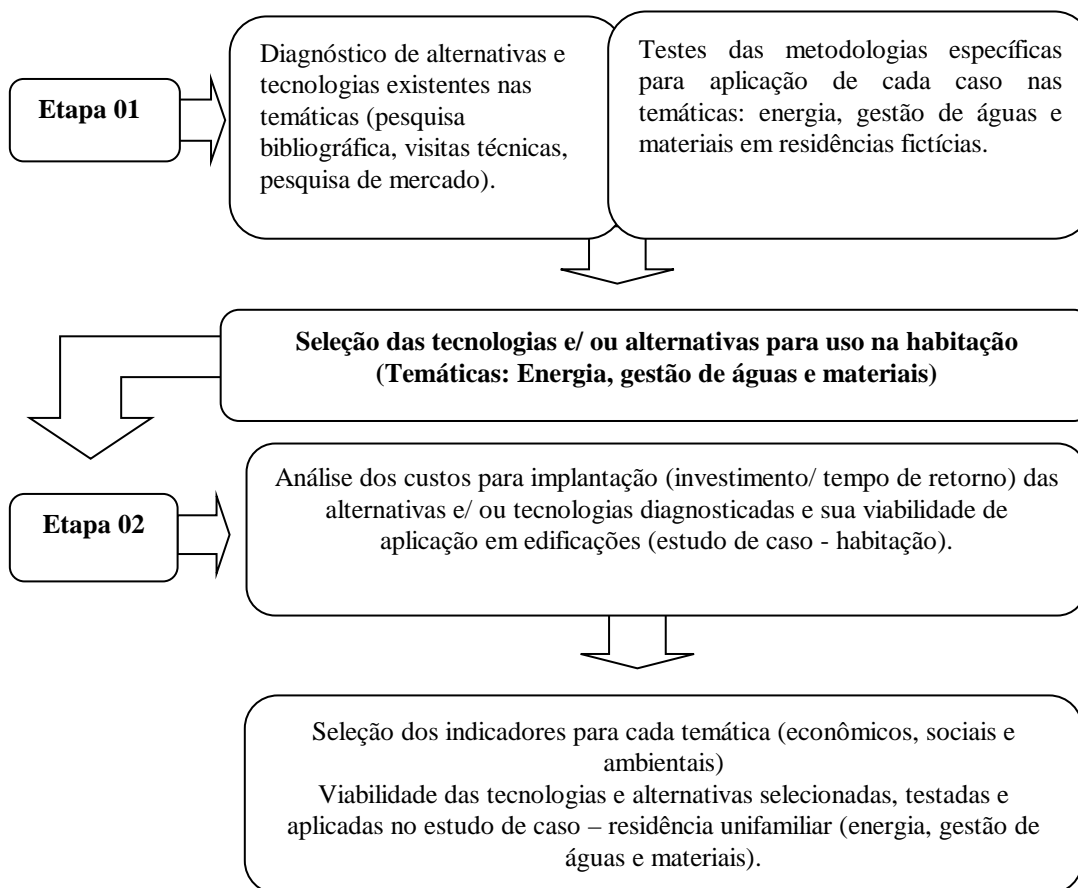


Figura 1: Etapas da metodologia deste trabalho.

Fonte: MORAES, 2019.

Tabela 1: Cálculos específicos utilizados na etapa 01 deste trabalho nas temáticas de energia, água e materiais para construção sustentável em habitação.

Temática/ Metodologias (seleção de tecnologias/ alternativas)	
Energia	<p>A partir do referencial teórico, as alternativas de energia selecionadas para serem analisadas foram: iluminação natural, ventilação natural, cobertura vegetal e sistema fotovoltaico. As estratégias passivas (iluminação natural, ventilação natural e cobertura vegetal) foram selecionadas devido ao fato de serem fatores bioclimáticos importantes que devem ser considerados em um projeto de habitação brasileira, assim como a estratégia ativa, o sistema fotovoltaico, que possui um grande potencial energético em todo o território. Avaliou-se cada uma das alternativas, observando quais seriam mais vantajosas economicamente considerando previamente as seguintes condições:</p> <p><u>Destinação do Salário:</u> Para se avaliar a economia de energia pela residência realizou-se uma simulação supondo que a família escolheria apenas uma das tecnologias em sua habitação, destinando 5% do salário para quitação da implementação feita e a energia consumida na residência.</p> <p><u>Cálculos:</u> As fórmulas utilizadas para se avaliar os custos foram:</p> $Q = \text{CUSTO} / (\text{SM})$ $\text{RE} = (\text{CEE} \times \text{M} \times \text{RCE}) / 100$ $\text{R} = \text{CUSTO} / \text{RE}$ <p>Sendo:</p> <p>Q: Tempo de quitação (mês)</p> <p>CUSTO: Custo da alternativa avaliada (R\$)</p> <p>SM: Valor referente à porcentagem do salário destinado para a quitação da alternativa por mês.</p> <p>RE: Redução da conta de energia (R\$/ano)</p> <p>CEE: Valor da conta de energia elétrica mensal da família.</p>

M: Quantidade de meses durante o ano, 12 (meses)

RCE: Redução do consumo de energia (%)

R: Tempo de retorno (anos)

Fonte: Baseado em Santesso (2013), Santesso & Moraes (2013), Santesso et al (2017), Miranda et al (2019).

Gestão de Águas

Para determinar quais tecnologias apresentariam a melhor relação custo-benefício - considerando os custos de implantação, manutenção, tempo de retorno do investimento (redução na conta de consumo de água) - e benefício de reaproveitamento de água, foram realizadas análises com base em indicadores de benefícios econômicos, sociais e ambientais. Os cálculos de viabilidade econômica foram realizados apenas para os equipamentos ou alternativas cujos valores de mercado pudessem ser determinados ou que não exigissem conhecimento técnico altamente qualificado para sua implantação. Para tanto, foram considerados o custo de aquisição do equipamento e o tempo de retorno do investimento, utilizando a equação proposta por Hafner (2007):

$$TR = G / (C \times E \times p - G \times r)$$

na qual:

TR - tempo de retorno (anos);

G - custos (R\$);

G = Ge + MO, na qual:

Ge - custo de aquisição de equipamento novo;

MO - custo da mão-de-obra para efetuar a substituição.

C - consumo (Litros/mês);

C = 30 x uso x Cc, na qual:

uso - número de acionamentos por dia;

Cc - consumo do equipamento convencional (antigo) (litros/acionamento).

E - taxa de economia de água gerada pela substituição;

E = 1 - (Ce / Cc), na qual:

Ce - consumo do equipamento economizador (novo) (litros/acionamento);

Cc - consumo do equipamento convencional (antigo) (litros/acionamento).

p - custo do consumo de um litro de água;

p = (tarifa de água + tarifa de esgoto) x fator de multiplicação / 1000

r - taxa de juros simples

Os dados foram organizados em uma matriz de correlação para cada uma das residências hipotéticas, considerando-se o custo de aquisição de cada equipamento, consumo de equipamento convencional, consumo do equipamento econômico, diferença dos custos em porcentagem e o tempo de retorno do investimento calculado em meses. Para os cálculos de sistemas de cisternas, a análise foi realizada de forma distinta, pois, segundo Rodrigues (2015), para os sistemas de aproveitamento de águas cinzas e pluviais, deve ser utilizada para determinar o tempo de retorno do investimento:

$$CMEE = (PE \times T \times D \times V)$$

em que:

CMEE: custo da energia elétrica para o funcionamento da bomba da cisterna (R\$/mês);

PE – potência do equipamento (kW);

T – tempo de funcionamento do equipamento (h/dia);

D – número de dias de funcionamento do equipamento no mês;

V – valor da tarifa de energia elétrica consumida (R\$/kWh)

Neste caso específico, para calcular o tempo de retorno das cisternas, foram feitos orçamentos hipotéticos e definido o valor de Custo de Manutenção do Sistema de Cisterna (CMOM), podendo ser calculada a economia mensal efetiva (EE) de acordo com a equação:

$$EE = ER - CMOM$$

em que:

EE = Economia Mensal Efetiva;

ER = Custos de Manutenção da Rede Distribuidora de Água;

CMOM = Custo de Manutenção do Sistema de Cisterna.

Ao considerarmos que o custo de manutenção das cisternas será desprezível (o equipamento não necessitará de manutenção), podemos considerar CMOM = CMEE.

Considerando-se a economia mensal efetiva multiplicada por 12 meses, se obteve a economia anual efetiva (U), utilizada para o cálculo do tempo de retorno. Por fim, foi utilizada a equação proposta por Sella (2011):

$$n = P / U$$

na qual:

n – tempo de retorno (anos);

P – o valor do investimento inicial (R\$);

U – o valor da parcela de economia anual (R\$).

Para realizar a análise final das alternativas, foi utilizado um sistema de indicadores (social, econômico e ambiental) a fim de se identificar as melhores alternativas.

Fonte: Hafner (2007), Sella (2011), Rodrigues (2016), Rocha et al (2017a), Rocha, Moraes & Pugliesi (2017b).

Materiais

Elaboração de uma planilha com os seguintes parâmetros: 1. A durabilidade do material é refletida na vida útil e no preço, 2. A reciclagem é mais cara que a disposição e transportes corretos, 3. Alta disponibilidade, 4. Baixa manutenção, 5. Baixo custo, 6. Consome muita água, 7. Consome muita energia, 8. É renovável, 9. É reciclado ou reaproveitado, 10. Fácil manuseabilidade, 11. Funciona como isolante térmico e/ou acústico, 12. Gera pouco resíduo, 13. Necessita de outro material, que pode contaminar o canteiro de obras, 14. Necessita possuir um treinamento especializado, 15. O material possui algum selo ambiental específico, 16. Pode ocorrer uma parceria com ONG's, cooperativas, associações sem fins lucrativos, 17. Pode ser reaproveitado, 18. Possui algum material perigoso na composição, 19. Possui logística reversa, 20. Requer mais e/ou outros materiais para o acabamento, 21. Visualmente agradável quando instalado. Tais parâmetros foram escolhidos visando simplificar a análise de materiais. Cada resposta assinalada possui um valor diferente e consequentemente, pode originar um ranking que será resultado da média aritmética simples das notas atribuídas a cada parâmetro contido na tabela, sendo os valores de cada parâmetro os seguintes; 5 (cinco) para excelente, 3 (três) para bom, 1 (um) para regular, -1 (menos um) para ruim e -3 (menos três) para não existe (tabela 1).

$$M = \frac{\sum \text{Parâmetros}}{21}$$

Fonte: Baseado em Bissoli-Dalvi (2017), Santesso (2013), Santesso & Moraes (2013), Santesso et al (2017), Kwai & Moraes (2013), Kwai (2014), Silva (2007), Lima & Moraes (2018).

Tabela 2: Planilha para a análise das tecnologias de materiais selecionados.

Material:					
Parâmetros	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Não existe
A durabilidade do material é refletida na vida útil e no preço					
A reciclagem é mais cara que a disposição e transportes corretos					
Alta disponibilidade					
Baixa manutenção					
Baixo custo					
Consome muita água					
Consome muita energia					
É renovável					
É reutilizável e/ou reutilizado					
Fácil manuseabilidade					
Funciona como isolante térmico e/ou acústico					
Gera pouco resíduo					
Necessita de outro material, que pode contaminar o canteiro de obras					
Necessita possuir um treinamento especializado					
O material possui algum selo ambiental					
Pode ocorrer uma parceria com ONG's, cooperativas, Associações sem fins lucrativos					
Pode ser reaproveitado					
Possui algum material perigoso na composição					
Possui logística reversa					
Requer mais e/ou outros materiais para o acabamento					
Visualmente agradável quando instalado					

Pontuação	
Excelente	5
Bom	3
Regular	1
Ruim	-1
Não existe	-3

Fonte: Lima & Moraes (2017); Lima & Moraes (2018).

Para auxiliar o uso da planilha na atribuição de notas segue este roteiro abaixo, que consiste na resposta ideal de cada pergunta para se atribuir nota máxima, juntamente com observações que causam a diminuição da nota do material no respectivo parâmetro, segue então detalhamento da metodologia aplicada para os materiais.

1- A durabilidade do material é refletida na vida útil e no preço

Para garantir a nota máxima o preço dividido pelo valor numérico da vida útil deve ser menor ou igual ao valor de mercado do material tradicional equivalente. Para o cálculo utilize a seguinte fórmula:

$$\text{Durabilidade} = \frac{\text{Vida útil}}{\text{Preço}}$$

Para diminuição da nota levar em consideração preços muito elevados que não condizem com a realidade da obra e/ou do mercado, assim como a durabilidade e/ou a vida útil do material sustentável ser menor que a do material tradicional.

2- A reciclagem é mais cara que a disposição e transportes corretos

Para garantir a nota máxima deve-se verificar que o destino ambientalmente correto mais econômico é a reciclagem, tendo como opções levar em eco pontos, destinar o resíduo para ONG's ou fazer parcerias com cooperativas, pois dessa forma diminui a pressão sobre aterros sanitários e de inertes.

A diminuição de nota ocorrerá sempre que a reciclagem for a opção de destinação correta de maior valor, assim quanto mais cara a reciclagem em relação aos outros tipos de disposição correta menor a nota.

3- Alta disponibilidade

Para obter a nota máxima o material sustentável deve ser de fácil aquisição não necessitando esperar longos prazos ou prazos maiores que os do material tradicional equivalente para obtê-lo. Desta forma o rebaixamento da nota ocorrerá sempre que o material sustentável possui um prazo de entrega maior que o do seu equivalente tradicional e quanto maior esta diferença menor será a nota.

4- Baixa manutenção

A nota máxima será obtida sempre o material sustentável necessita de preferencialmente nenhuma ou baixíssima manutenção, pois evita a produção de mais resíduos, ou seja, a nota será diminuída conforme a necessidade de manutenção requerida pelo material.

5- Baixo custo

A nota máxima e a diminuição da mesma estão diretamente relacionadas com o preço do material, quanto mais barato de se adquirir o material maior a nota, caso seja gratuito a nota será máxima, e quanto maior o valor para se adquirir o material menor será a nota.

6- Consome muita água

A nota máxima está relacionada a baixa ou nula necessidade de água para se instalar o material unida sempre que possível com o ciclo de vida do material, para se saber a quantidade do consumo de água na produção do material, portanto quanto mais água envolvida na produção e instalação do material menor a nota e quanto menor o consumo de água maior a nota.

7- Consome muita energia

A nota máxima está relacionada a baixa ou nula necessidade de uso de energia para se instalar o material unida sempre que possível com o ciclo de vida do material, para se saber a quantidade do consumo de energia na produção do material, portanto quanto maior o uso de energia envolvida na produção e instalação do material menor a nota e quanto menor o consumo de energia maior a nota.

Lembrando que o uso de energias renováveis para a produção/instalação é um fator em que a nota não é diminuída, já o uso de energias não renováveis é um fator que diminui a nota.

8- É renovável

A nota máxima está relacionada ao fato do material ser um produto reciclado e/ou reutilizado ou com o fato de ser desenvolvido com tecnologias renováveis. A nota diminui de acordo com a ausência de ser um produto renovável e/ou reciclado e produzido através de tecnologias não renováveis.

9- É reutilizável e/ou reutilizado

A nota máxima está relacionada ao fato do material quando finalizado seu uso possui a possibilidade de ser reciclado e/ou reutilizado. A nota diminui conforme a impossibilidade de se fornecer outro destino ao material que não seja o descarte em aterro.

10- Fácil manuseabilidade

A nota máxima está ligada a qualquer função relacionada ao fato de armazenar e manipular o material escolhido seja simples, não necessitando de maquinário específico ou de extremo cuidado em que a maioria não de obra da construção civil não seja capaz de lidar com o material. A nota irá decrescer conforme não atenda aos requisitos citados anteriormente.

11- Funciona como isolante térmico e/ou acústico

A nota máxima será atribuída quando o material for um isolante térmico e acústico simultaneamente. Os fatores que descresem a nota é o material ser isolante térmico ou acústico, ou nenhum dos dois e claro a eficiência do material deve ser levada em consideração.

12- Gera pouco resíduo

A nota máxima será atribuída quando o material ao ser utilizado/instalado gerar pouco ou nenhum resíduo. A diminuição da nota ocorre conforme a quantidade de resíduo gerado e se este resíduo necessita de uma disposição e/ou armazenagem diferenciada.

13- Necessita de outro material, que pode contaminar o canteiro de obras

A nota máxima será atribuída conforme a menor necessidade de outros materiais para que ocorra a instalação ou quando o material necessário para a instalação já faz parte do canteiro de obras ou da própria obra.

O decréscimo da nota ocorre sempre que muitos materiais sejam necessários para a instalação, caso o material extra possua toxicidade para os trabalhadores e para o meio ambiente ou que o material necessário seja de valor muito elevado e/ou extremamente específicos.

14- Necessita possuir um treinamento especializado

Para obter a nota máxima o material selecionado não deve necessitar de nenhum treinamento ou curso próprio para que possa ser instalado, ou seja, qualquer trabalhador da área de construção civil deve ser capaz de instalá-lo. A nota decairá sempre que for necessário um curso ou treinamento prévio pago e que a empresa não forneça.

15- O material possui algum selo ambiental

A nota máxima será atribuída sempre que o material possuir um ou mais selos ambientais reconhecidos, seja em âmbito nacional ou internacional. Lembrando que a nota pode aumentar ou diminuir conforme a importância do selo.

16- Pode ocorrer uma parceria com ONG's, cooperativas, Associações sem fins lucrativos

A nota máxima ocorrerá sempre que o resíduo for destinado para locais, instituições e funções diferentes do aterro.

17- Pode ser reaproveitado

A nota máxima ocorrerá sempre que o material puder ser reaproveitado no próprio canteiro de obras ou para outra destinação em que não seja descartado desnecessariamente.

18- Possui algum material perigoso na composição

A nota máxima sempre ocorrerá quando o material não possuir substâncias ou materiais perigosos ao ser humano e ao meio ambiente em sua composição e a mesma decresce de acordo com o nível de periculosidade do material em questão.

19- Possui logística reversa

A nota máxima sempre será atribuída quando o material possuir uma logística reversa funcional e a mesma decresce de acordo com a dificuldade ou inexistência da logística reversa.

20- Requer mais e/ou outros materiais para o acabamento

A nota máxima sempre ocorrerá quando o material analisado não necessitar de acréscimo de qualquer outro tipo de material para execução do acabamento, portanto a nota decairá sempre que for necessário adicionar mais materiais para o acabamento e quanto maior a quantidade necessária e mais caro o material acrescido menor a nota.

21- Visualmente agradável quando instalado

A nota máxima ocorrerá sempre que após finalizada a instalação o material sustentável seja visualmente agradável assim com seu material equivalente tradicional, o decaimento da nota ocorre sempre que visualmente o material sustentável se apresente como inferior ao tradicional.

Para pontuar os materiais forma usados os seguintes critérios

Excelente: Nota escolhida sempre que a resposta ao parâmetro possuir um sentido positivo muito alto. Como por exemplo: Baixo Custo: “Excelente”, pois o preço de mercado é um concorrente direto dos produtos comumente usados, podendo ser até menor, sendo assim acessível e competitivo a grande maioria das camadas sócias.

Bom: Nota escolhida sempre que a resposta ao parâmetro possuir um sentido positivo alto, porém não o mais próximo ao ideal. Como por exemplo: Baixo Custo: “Bom”, pois o preço de mercado não é concorrente direto dos produtos comumente usados, porém em promoções pode ter preço menores, mas não atendendo aos consumidores de todas as camadas sociais.

Regular: Nota escolhida sempre que a resposta ao parâmetro possuir um sentido de neutralidade e/ou indiferença. Como por exemplo: Baixo Custo: “Regular”, pois os preços se equivalem em um valor mais elevado no preço de mercado, em que uma quantidade maior de camadas sociais são excluídas.

Ruim: Nota escolhida sempre que a resposta ao parâmetro possuir um sentido negativo. Como por exemplo: Baixo Custo: “Ruim”, pois o preço do produto comumente usados já é mais elevado e o produto ambientalmente correto analisado possuir um preço ainda maior, então boa parte das camadas sociais são excluídas.

Não Existe: Nota escolhida sempre que a resposta ao parâmetro possuir um sentido de não aplicável. Como por exemplo: Baixo Custo: “Não Existe”, pois, o produto ambientalmente correto não é vendido ou não existe produto ambientalmente correto equivalente.

RESULTADOS OBTIDOS

ESTUDO DE CASO: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Neste trabalho as tecnologias e/ ou alternativas diagnosticadas nas temáticas de energia, gestão de água e materiais que podem ser aplicadas na habitação foram realizadas em conjunto com sub-projetos ligados a este trabalho e aqui são apresentadas já em forma de tecnologias aplicáveis. Optou-se por aplicar a pesquisa em um estudo de caso real na habitação. Para isso, selecionou-se habitação para uso mais popular, proporcionando assim um estudo de caso que pudesse atingir a parcela maior da população do Brasil, que habita em residências unifamiliares de baixo/ médio custo, o que pode viabilizar futuras aplicações seja pelo habitante ou mesmo pela construtora, ou incentivos públicos municipais em futuros projetos.

Foi selecionado o conjunto habitacional ‘Residencial Jardim Santa Rita’, localizado no Bairro de Santa Luzia no município de Charqueada/ SP (Figuras 2 e 3). Ressalta-se que a incorporadora e construtora responsável pela obra está presente com este tipo de habitação em diversos outros municípios da região, aumentando assim a possível aplicabilidade deste projeto com este modelo de residência unifamiliar, o qual se torna ainda mais abrangente quando se trata em termos de Brasil, onde são realizadas diversas obras residências populares em padrão semelhante.

A seleção por residência unifamiliar na modalidade casa e não apartamento, dá-se pelo fato de facilitação na aplicação das tecnologias e/ ou alternativas, não apenas para construtora, mas sim, pelos seus moradores posteriormente, claro que respeitando as seguranças técnicas e permitidas na obra, com as vantagens apresentadas pelas tecnologias apresentadas neste projeto em energia, gestão de água e materiais. Este

empreendimento faz parte do Programa Minha Casa Minha Vida do governo federal do Brasil, o qual foi item para seleção do objeto de estudo deste projeto. A Faixa do Programa Minha Casa Minha Vida utilizada para este projeto foi a Faixa 2, ou seja, famílias com renda de até R\$ 4.000,00. Esta seleção visa dar aplicação ao projeto, visto que na metodologia proposta, as famílias poderão utilizar em média 5 % da sua renda para aplicação das tecnologias, isso no caso de ser realizado tais melhorias após a habitação da família. Todavia, tais alterações podem ser sugeridas também a construtora visando o custo benefício e até mesmo um diferencial em sua obra sendo esta mais sustentável e com benefícios sociais, porém também ambientais e econômicos diante da aquisição de algumas das tecnologias.

A residência modelo utilizada neste estudo de caso possui 44,04 m² (Figuras 4 e 5), dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e lavanderia. Esquadrarias de alumínio, cobertura de telhas cerâmica sobre estrutura metálica, piso cerâmico e espaço para ampliação da obra, pois a casa é construída em 160 m² de terreno (Ecovita, 2018).



Figura 2: Residência unifamiliar selecionada para aplicação das tecnologias e/ ou alternativas do projeto (Residencial Jardim Santa Rita, Bairro Santa Luzia, Charqueada/ SP).

Fonte: Ecovita e Pesquisa direta, 2018.



Figura 3: Foto aérea do Residencial Jardim Santa Rita, Bairro Santa Luzia, Charqueada/ SP).

Fonte: Ecovita, 2018.



Figura 4: Planta da Casa Utilizada neste projeto (Residencial Jardim Santa Rita, Bairro Santa Luzia, Charqueada/ SP). Fonte: Ecovita, 2018.



Figura 5. Planta Cortada da Casa Utilizada neste projeto (Residencial Jardim Santa Rita, Bairro Santa Luzia, Charqueada/ SP).
 Fonte: Ecovita, 2018.

A. TECNOLOGIAS DE ENERGIA APLICÁVEIS.

Para que uma residência possua alternativas passivas e ativas de energia, é necessário se observar as variáveis importantes para a sua utilização e para seu melhor aproveitamento. A tabela 3 indica as alternativas selecionadas, seus parâmetros e quais seriam suas respectivas formas de manutenção e custo, quando houver.

Tabela 3: Tecnologias/ Alternativas selecionadas em energia, parâmetros, manutenção e custos.

Estratégias	Variáveis	Manutenção	Custos
Janelas laterais (Iluminação e Ventilação naturais)	Latitude, ciclos diários e sazonais, quantidade e local de abertura para a entrada da luz natural e para a passagem e troca de ar.	Pouca manutenção quando feito o projeto de forma adequada, apenas limpeza ou pintura, por questões higiênicas e estética e caso haja obstrução das entradas de ventilação.	Sem custo adicional em um projeto de residência comum, ao se posicionar de forma adequada as aberturas.
Cobertura extensiva (Cobertura vegetal)	Clima da região local, espessura do solo, tipo de vegetação escolhida, tipo material drenante, tipo de barreira contra as raízes e tipo de componente impermeabilizante, tipo do telhado da residência.	Necessita de períodos de irrigação e aparação.	Custo para a sua compra e instalação, normalmente por m ² . Instalação deve ser realizada com cuidado evitando infiltração e criação de mofo.
Sistema <i>Grid-tie</i> para residência ligado à rede de energia elétrica (Sistema Fotovoltaico)	Clima da região local, porcentagem de eficiência de energia, consumo mensal da residência por mês e valor da tarifa de energia.	Não necessita de manutenção durante sua vida útil (em torno de 20 anos).	Custo para a sua compra e instalação, dependendo da quantidade de energia a ser produzida. Tecnologia de custo elevado ainda no Brasil.

Fonte: Elaborada pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Rocha, Moraes & Pugliesi (2017b), Santesso (2013); Santesso et al (2017) e pesquisa de mercado.

A partir da tabela 3, observa-se que o aproveitamento da iluminação e ventilação naturais pode ser realizado através das janelas laterais, já que mesmo as mais simples, contribuem para a redução de custos de energia, aumentando o desempenho termo-energético da edificação. A instalação deste componente deve ser bem planejada na fase de projeto da casa. Assim, com a disposição correta destas janelas, é possível melhorar o conforto ambiental dos usuários, fornecendo uma iluminação de melhor qualidade, um ambiente mais saudável, além de se economizar com mecanismos artificiais de ventilação, resfriamento e com a iluminação artificial. Para a cidade de Charqueada (São Paulo) as melhores orientações em relação à iluminação natural são norte e leste, para os ambientes de maior permanência, sendo necessária uma proteção solar ao norte e devendo-se evitar o lado oeste por ser muito quente, e sul, por ser muito frio, enquanto que a direção dos ventos predominantes são leste e sudeste (PROJETEEE, 2019¹), sendo interessante colocar as aberturas das janelas também próxima desta orientação.

A outra estratégia passiva, a cobertura vegetal, é uma estrutura que ajuda no microclima da região local, promovendo uma maior integração da residência com o ambiente natural. Verificou-se o custo desta tecnologia através de duas empresas existentes, uma em Limeira (1) e outra localizada em São Paulo (2), os dados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Variáveis supostas para a cobertura vegetal.

Variáveis supostas para a cobertura vegetal	Empresa	Componentes do Sistema	Valor (R\$/m²)	Total (R\$)
Cidade: Charqueada (SP)	1	Componente completo (módulo + substrato + plantas + instalação)	200,00	8.804,00
Tipo de Cobertura: Laje				
Dimensão da cobertura: 44,04 m²	2	Componente com manual para instalação e sem plantas (módulo + substrato)	100,78	4.436,33

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Santesso et al (2017).

Por fim, a estratégia ativa escolhida, o sistema fotovoltaico, pode chegar a economizar de forma integral a energia elétrica convencional. No mercado brasileiro existem empresas que fabricam as placas fotovoltaicas, porém, a maioria delas apenas com uma geração maior de kWh/mês. O orçamento adquirido através de quatro empresas brasileiras é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Variáveis supostas para o sistema fotovoltaico.

Variáveis supostas para o sistema fotovoltaico	Empresa	Componentes do Sistema	Total (R\$)
Cidade: Charqueada (SP)	1	Geração de 150 kWh/mês + instalação	17.000,00
Consumo médio: 159 kWh/mês (ELETROBRAS PROCEL, 2018)	2	Geração de 210 kWh/mês + instalação	21.300,00
Distribuidora: CPFL Paulista			
Tarifa média: 0,37 R\$/kWh	3	Geração de 250 kWh/mês + instalação	35.780,88
Rede: 127V			
Sistema: monofásico	4	Geração de 245 kWh/mês + instalação	25.290,00

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Santesso et al (2017).

¹ Dados de Piracicaba, pois se encontra na mesma zona bioclimática que charqueada e possuem altitudes próximas, retirados e direcionados do site: <http://projeteer.mma.gov.br/cidade-nao-encontrada/> e http://projeteer.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=SP-Piracicaba&id_cidade=bra_sp_piracicaba.868680_inmet.

Para a possível implantação da cobertura vegetal escolheu-se o orçamento da empresa de menor custo, sendo que a família seguiria o manual de instalação e poderia escolher a vegetação a ser plantada, podendo até mesmo cultivar uma pequena horta que ajudaria no complemento da alimentação, gerando uma redução no consumo energético de 2% (considerando-se uma residência com apenas ventiladores, que gastam menos energia). E a outra implantação seria do sistema fotovoltaico, sendo escolhido o orçamento de menor custo, que gera a potência de 150 kWh/mês, praticamente o quanto a família também consome (159 kWh/mês), considerando-se uma redução no consumo de energia de 90%. Considerando a renda da família de R\$ 4.000,00, a conta de luz para esse consumo sendo de R\$ 67,96 (ELETROBRAS PROCEL, 2018), e a destinação do salário para quitação da alternativa de 20% ao longo dos meses, uma alternativa por vez, a comparação de custos entre o sistema fotovoltaico e cobertura vegetal é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Comparação de custos entre o sistema fotovoltaico e cobertura vegetal.

Tecnologia/Alternativa de energia	Custo (R\$)	Tempo de quitação aprox. (Q)	Redução do consumo de energia (RCE)	Tempo de retorno do investimento aprox. (R)
Cobertura vegetal	4.436,33	5,5 meses (~ meio ano)	2%	272 anos
Sistema fotovoltaico	17.000,00	21 meses (~ um ano e meio)	90%	23 anos

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Santesso et al (2017).

A.1. INDICADORES DE VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICA DAS TECNOLOGIAS DE ENERGIA.

Elaborou-se indicadores qualitativos utilizados para analisar as tecnologias e alternativas de energia, apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Classificação de Indicadores utilizados em energia.

Classificação	Indicador
A	Redução do uso de energia elétrica
B	Redução de gastos
C	Redução de emissão de gases do efeito estufa
D	Redução de recursos naturais
E	Aproveitamento passivo de recurso natural
F	Harmonização com o entorno
G	Melhor conforto térmico
H	Melhor qualidade do ar e no ambiente
I	Melhoria da saúde
J	Melhoria na qualidade de vida
K	Aumento da eficiência energética
L	Moderação da temperatura urbana
M	Aumento do valor do imóvel
N	Tecnologias de pouco custo/manutenção

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Santesso (2013); Santesso et al (2017).

A partir desses dados é possível caracterizá-los de acordo com os benefícios econômicos, sociais e ambientais relacionados a cada alternativa de energia, como indica a Tabela 8.

Tabela 8: Benefícios de cada tecnologia e alternativa em energia.

Tecnologia/Alternativa de energia	Benefício		
	Econômico	Social	Ambiental
Iluminação natural	A B K M N	G I J	C D E F H L
Ventilação natural	A B M N	G I J	C D E F H L
Cobertura vegetal	A B K M	G I J	C D F H L
Sistema fotovoltaico	A B K M	-	C D E

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Santesso (2013); Santesso et al (2017).

Desta forma, observa-se que, em relação a benefícios gerais econômicos, sociais e ambientais, a Iluminação natural e Ventilação natural são as alternativas mais vantajosas, seguidas pela Cobertura Vegetal, atendendo a maioria dos indicadores, conforme indica a Figura 6.

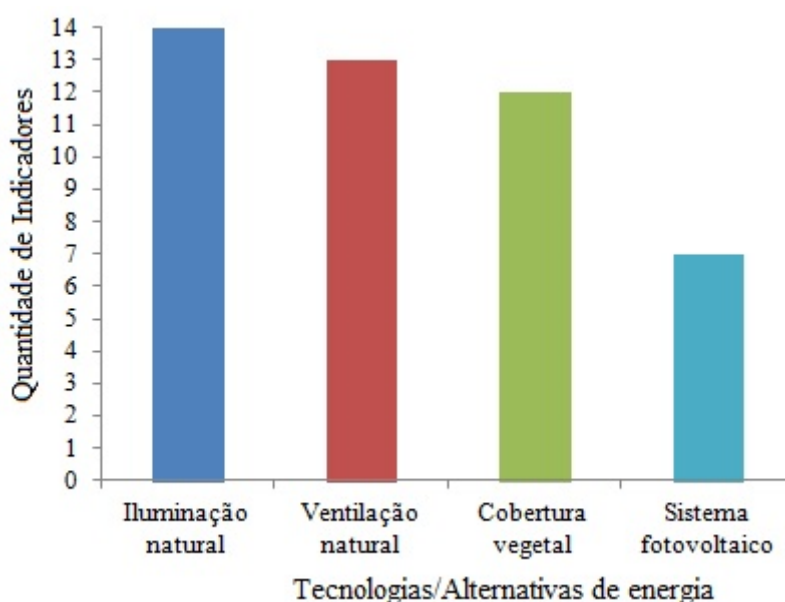


Figura 6: Representação dos Indicadores em relação às tecnologias de energia.

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Santesso (2013); Santesso et al (2017).

B. TECNOLOGIAS DE GESTÃO DE ÁGUA APLICÁVEIS.

Baseado em estudos de Rocha, Moraes & Pugliesi (2017b) podemos excluir as seguintes tecnologias: bacias sanitárias a vácuo, torneira elétrica com sensor de proximidade, reaproveitamento de águas cinzas e reaproveitamento de águas de chuva por cisternas convencionais para a aplicação neste caso específico de habitação.

Todas essas tecnologias, embora levem à economia de água, também envolvem custos elevados em outros pontos (consumo de energia elétrica, espaço físico necessário, consulta especializada para implantação), tornando-as inviáveis. Considerando que a residência modelo utilizada neste estudo de caso possui 44,04 m², dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e lavanderia em 160 m² de terreno (Ecovita, 2018), onde é possível identificar três pias, um chuveiro e um vaso sanitário, que podemos evidenciar pela planta cortada (apresentada na Figura 5).

De acordo com Albuquerque Neto e Julio (2014), as principais formas despesas em todos os projetos são as despesas iniciais e as despesas de ciclo de vida. As despesas iniciais são aquelas associadas a materiais ou produtos, incluindo valor de aquisição e instalação, já as despesas do ciclo de vida dizem respeito à toda vida útil da edificação.

Dessa forma, além dos custos iniciais da construção, devem-se calcular os custos em sua vida útil e o retorno do investimento inicial, conforme o potencial de economia das tecnologias e alternativas preconizadas (ALBUQUERQUE NETO; JULIO, 2014). Portanto, para cada tecnologia selecionada, observou-se diferentes variáveis como custo de mercado, economia de tarifa de água e tempo de retorno para cada uma delas.

Estima-se que a implantação das tecnologias e alternativas abordadas nesse trabalho em residências refletirá imediatamente no seu consumo de água, consequentemente reduzindo as despesas mensais referentes à água e esgoto.

O período de tempo de retorno difere de uma edificação construída para uma ainda em planejamento. Para edificações novas, esse tempo de retorno é calculado ao considerar: o custo de aquisição e o consumo dos equipamentos convencionais, o custo de aquisição e o consumo dos equipamentos economizadores, o custo de possíveis adaptações necessárias no projeto, a economia de água gerada pelas tecnologias e alternativas economizadoras, a tarifa de água/esgoto e as taxas de juros (ROCHA, MORAES & PUGLIESI, 2017b).

Para o caso de edificações já construídas, o benefício econômico da substituição de equipamentos convencionais por economizadores depende das condições locais. Dessa forma, antes da aplicação dessa medida, recomenda-se uma avaliação técnica e econômica das intervenções necessárias para a alteração do sistema (RODRIGUES, 2016 apud ROCHA, MORAES & PUGLIESI, 2017b).

No caso de edificações existentes, para analisar as vantagens e a viabilidade da substituição dos equipamentos sanitários, seria necessário fazer a correspondência entre a economia de água esperada e o custo da substituição (HAFNER, 2007). Tal correspondência também é estimada pelo tempo de retorno do investimento, ou seja, o tempo necessário para que o custo com a substituição dos equipamentos seja compensado pela redução na cobrança, devido à economia de água gerada pelos novos equipamentos (RODRIGUES, 2016, ROCHA, MORAES & PUGLIESI, 2017b).

Para fazer uma comparação entre os equipamentos e tecnologias que permita averiguar sua viabilidade econômica, foi feito o cálculo proposto por Hafner (2007), como explicado na metodologia de gestão de água. Para realização dos cálculos, tomaremos as seguintes considerações: o ganho total de R\$ 4.000,00 e destinação mensal de 20% para compra e instalação de equipamentos economizadores, serão R\$ 800,00 gastos para quitação destes gastos, sendo um equipamento por vez.

Consumo de água na residência: para as tarifas de água e esgoto utilizadas, serão considerados os valores serão de R\$ 22,38/mês cada, para consumos de até 10m³ /mês, de acordo com a SABESP (2018). Uma família de quatro pessoas tem consumo de água em torno de 22m³. Ainda segundo a SABESP, consumos de água entre 20 e 30m³ por mês acrescentam R\$ 8,75/mês às tarifas de residências. Portanto, podemos considerar que ambas as famílias arcam com um total mensal de R\$ 62,26 com tarifas de água e esgoto.

Como proposto por Hafner (2007), o fator de multiplicação será de 2,20. Para praticidade dos cálculos, a taxa de juros será desconsiderada (valor nulo da multiplicação): os cálculos utilizarão a maior vazão do equipamento economizador; bacias sanitárias com um total de 8 usos por dia; torneiras com um total de 12 usos por dia. Feitas essas considerações, se torna possível elaborar a tabela 9 que apresenta alguns resultados comparativos.

Tabela 9: Comparação de Tecnologias e Equipamentos Disponíveis no Mercado de Gestão de Águas para a Residência Selecionada.

Dados Comparativos						
Equipamento	Custo (R\$)		Consumo Econômico (L/uso)	Consumo Convencional (L/uso)	Economia de Consumo (%)	Tempo de Retorno
	Unidade	Total*				
Caixa Sanitária de Duplo Acionamento	151,90	151,90	3,5/6	12	50	1,675 meses
Bacia Sanitária com Lavatório por Gravidade	18.800,90	18.800,90	7,2	12	40	Equação não aplicável
Torneira Hidromecânica	277,90	833,70	2,4	12	80	1,42 meses
Restritor de Vazão	26,90	80,70	7,2	12	40	0,082 meses
Arejador de Vazão Constante	15,79	63,16	4,8	12	60	0,047 meses

* O custo "Total" se dá pela soma de valores para substituir todos os equipamentos da casa pelos modelos de menor consumo listados.

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Hafner (2007), Rocha, Moraes & Pugliesi (2017b).

Os equipamentos e tecnologias que não estão inseridos no quadro são aqueles para os quais não se encontraram valores disponíveis em mercado ou que cujas características já estão presentes em outros equipamentos (como arejadores para arejadores de vazão constante).

Pela tabela 9 podemos deduzir, portanto, que se tratando de equipamentos hidrossanitários ou tecnologias que a eles se apliquem, quase todos podem ser encontrados a custos relativamente acessíveis, com ótimas taxas de redução de consumo de água e com um tempo de retorno bastante baixo.

No caso da bacia sanitária acoplada ao lavatório por gravidade, a equação não se mostrou aplicável, devido ao elevado custo de aquisição do produto, que levou a um resultado de valor negativo.

Para estimar a economia mensal de água após a implantação do sistema de captação de águas pluviais, iremos considerar o modelo de "Cisterna Pronta", projeto oferecido pela empresa Eco Casa. Considerando a área total da residência unifamiliar deste projeto, foram sugeridos 02 modelos de diferentes volumes/valores (Tabela 10).

Tabela 10: Modelos e Custo das Cisternas.

MODELO	RESIDÊNCIA	
	Volume (L)	Custo (R\$)
KCP	3.000	7.840
KCP	5.000	9.840

Fonte: Elaborado pelos autores. Pesquisa direta Eco Casa (2018).

Deve-se primeiramente realizar um estudo que determine os volumes mensais de água de chuva captada e os volumes de águas pluviais necessários para os usos pretendidos. Isso permite estimar o volume mensal economizado (E). Se o volume pluvial produzido (Vp) for maior que o volume demandado (Vd), então será economizado tudo o que for demandado (RODRIGUES, 2016, ROCHA, 2016). Portanto:

$$V_p > V_d \rightarrow E = V_d$$

Por outro lado, se o volume demandado for maior que o volume produzido, então só terá sido economizado o que foi produzido:

$$V_d > V_p \rightarrow E = V_p$$

Conforme apresentado na metodologia, usou-se a sequência de equações propostas neste projeto no item gestão de águas, para os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, utilizamos a sequência de equações abaixo para determinar o tempo de retorno do investimento:

Segundo a empresa de energia Enel, as tarifas para grupos residenciais são de:

Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição = R\$ 0,18041/kWh;

Tarifa de Energia = R\$ 0,22402/kWh;

Portanto, a tarifa total seria de R\$ 0,40443/kWh. De acordo com dados fornecidos pela empresa Eco Casa, referente ao seu projeto “Cisterna Pronta”, podemos considerar os valores:

PE = 1,1kW;

T = 1h/dia;

Então, podemos calcular o CMEE como sendo:

CMEE = (1,1kW x 1h/dia x 30 dias/mês x R\$ 0,40443/kWh = R\$ 13,34619/mês. Com o custo de energia elétrica para o equipamento, se determinaria o custo de operação e manutenção do sistema pela somatória apresentada. Se considerarmos que o sistema para aproveitamento de águas pluviais como projeto pela empresa Eco Casa possui custos desprezíveis de manutenção e operação, podemos considerar CMOM = CMEE.

Se estimarmos o volume de água economizado, pode-se deduzir o valor economizado em termos monetários (ER), de acordo com as taxas de água e esgoto. Pelos dados da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), as tarifas mínimas e obrigatórias para residências são de:

Tarifa de água = R\$ 22,38/mês.

Tarifa de esgoto = R\$ 22,38/mês.

Total = R\$ 44,76/mês.

Estes valores são cobrados para usos de até 10m³/mês. Para consumos maiores, valores são somados às tarifas de água e esgoto. Para determinar a economia mensal efetiva (EE), deve-se subtrair a estimativa de custos mensais de operação e manutenção do sistema (CMOM) do que foi estimado de economia mensal de água:

$$EE = ER - CMOM$$

$$EE = R\$ 44,76/mês - R\$ 13,34/mês \cong R\$ 31,40/mês$$

Multiplicando a economia mensal efetiva pelo fator 12 (meses), como mostrado abaixo, obtém-se a economia anual efetiva (U), utilizada para o cálculo do tempo de retorno.

$$U = EE \times 12$$

$$U = R\$ 377,00/ano$$

Para uma aproximação do tempo de retorno do investimento usou-se a equação proposta por Sella (2011), conforme explicado na Metodologia. Considerando os valores fornecidos pela empresa Eco Casa (2016) temos um tempo de retorno a 20 a 26 anos (Tabela 11).

Tabela 11. Tempo de Retorno para Cisternas Propostas.

MODELO	RESIDÊNCIAS	
	Volume (L)	n (anos)
KCP	3.000	20,8
KCP	5.000	26,1

Fonte: Elaborado pelos autores. Pesquisa direta Eco Casa (2018).

Fica evidenciado, portanto, que um projeto de cisterna convencional leva um tempo demasiado longo para que haja um retorno do investimento. E esse período pode ser maior ou menor com base no regime de chuvas e do acúmulo de água nos reservatórios.

Avaliações econômicas feitas pela ANA (2005), para projetos de captação de águas pluviais apresentam bons resultados, indicando que é uma prática útil para a redução significativa de valores mensais das despesas com água, o que é um efeito direto do sistema de captação.

Se considerarmos uma cisterna convencional, o projeto é encarecido pela necessidade de obras civis e material utilizado, exigindo um maior tempo de retorno. Por outro lado, projetos de minicisternas não exigem obras complexas, nem materiais de custos elevados, além de serem construídas sem haver necessidade de algum conhecimento técnico específico. Ainda que o volume produzido por uma minicisterna seja muito menor do que aquele de um projeto convencional, já é suficiente para atender a algumas necessidades, o que lhe confere um baixo tempo de retorno.

B.1. INDICADORES DE VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICA NAS TECNOLOGIAS DE GESTÃO DE ÁGUA.

Os indicadores fornecem e quantificam informações de modo que sua relevância se torne mais clara. Eles podem ser classificados em quantitativos ou qualitativos, sendo que os primeiros são representados por dados numéricos ou estatísticos, que muitas vezes são transformados a partir dos qualitativos, que simplificam esses conceitos.

Desta forma, foram elaborados os seguintes indicadores qualitativos apresentados na Tabela 12, que permitem uma análise dos equipamentos e tecnologias economizadores de água:

Tabela 12: Lista de Indicadores utilizados para as tecnologias na gestão de água.

CLASSIFICAÇÃO	INDICADOR
A	Redução do Consumo de Água
B	Redução de Gastos
C	Aproveitamento de Água
D	Harmonização com Entorno
E	Equipamento/Tecnologia de Baixo Custo
F	Equipamento/Tecnologia de Baixa Manutenção
G	Equipamento/Tecnologia de Disponível no Mercado
H	Equipamento/Tecnologia de Fácil Instalação
I	Baixo Tempo de Retorno

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Santesso (2013); Santesso e Moraes (2013); Rocha (2016); Rocha, Moraes & Pugliesi (2017b).

Tendo esses indicadores, pode-se então caracterizar as tecnologias e equipamentos de acordo com benefícios econômicos, sociais e ambientais, como apresentado na tabela 13, abaixo.

Tabela 13: Caracterização de tecnologias, alternativas e equipamentos por indicadores qualitativos na gestão da água.

Tecnologia/Equipamento Economizador de Água	Benefícios			Vantajoso
	Ambiental	Social	Econômico	
Bacia Sanitária de Duplo Acionamento	A	D, G, H	B, E, F, G, I	Sim
Bacia Sanitária com Separador de Urina	A	D, G, H	B, I	Não
Bacia Sanitária com Descarga à Vácuo	A	D, G	-	Não
Bacia Sanitária acoplada a Lavatório por Bombeamento	A	D, G, H	B	Não
Bacia Sanitária acoplada a Lavatório por Gravidade	A	D, G, H	B	Não
Torneira com Funcionamento Hidromecânico	A	G, H, I	B, E, F	Não
Torneira Eletrônica com Sensor de Proximidade	A	D, G	I	Não
Restritor de Vazão	A	D, G, H, I	B, E, F	Sim
Arejador com Vazão Constante	A	D, G, H, I	B, E, F	Sim
Reaproveitamento de Águas Cinzas	A, C	G	E, F	Não
Reaproveitamento de Águas de Chuva (Cisterna)	A, C	D, G	E, F	Não
Reaproveitamento de Água de Chuva (Minicisterna)	A, C	D, G, H, I	B, E, F	Sim

Fonte: Elaborada pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Santesso (2013); Santesso e Moraes (2013); Rocha, Moraes & Pugliesi (2017b).

C. TECNOLOGIAS DE MATERIAIS APLICÁVEIS.

Afim de auxiliar na melhor escolha dos materiais a serem utilizados no projeto criamos rankings específicos e um geral dos materiais analisados (Tabelas 14, 15, 16 e 17).

Tabela 14: Ranking geral dos materiais analisados.

Materiais	Notas	Preço	Quantidade*
Bambu	3,57	R\$ 50,00	Pacote
Madeira	3,19	Varia com o uso	
Tijolo de solo-cimento	2,9	R\$ 1,00	Unidade
Terra	2,71	R\$ 1,30	Kg
Steel Frame e Wood Frame	2,33	R\$ 1.010,00	30 m ²
Agregado com cinzas de cascas de arroz	2,14	R\$ 1,80	Kg
Agregado com cinzas do bagaço de cana	2,14	R\$ 0,09	Kg
Vidros	2,14	Varia com o uso	
Materiais de mudança de fase	2,05	-	-
Agregado com Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	1,95	R\$ 5,66	M ³
Cimento Portland	1,86	R\$ 25,00	Saco
Cimento com escória de alto-forno	1,76	R\$ 30,04	Saco
Cimento com Resíduos de Construção e Demolição	1,76	Fase de estudo de viabilidade	
Cimento pó de calcário	1,76	R\$ 20,00	Saco
Agregado com pneu inservível	1,67	R\$ 2,00	Kg
Tintas minerais	1,57	R\$ 21,36	Kg
Agregado com cerâmica vermelha	1,29	R\$ 55,00	Kg
Agregado com cinzas volantes	1,29	R\$ 0,63	Kg
Agregado com vidro	1,29	R\$ 0,10	Kg
Agregado siderúrgico ou escória de aciaria	1,29	R\$ 2,05	Kg
Gesso	1,29	R\$ 1,99	Kg

*Os preços utilizados vêm de pesquisas na internet e respostas de orçamentos

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Lima & Moraes (2018).

Tabela 15: Ranking de materiais estruturais tradicionais.

Materiais	Notas	Preço	Quantidade*
Agregado com cinzas de cascas de arroz	2,14	R\$ 1,80	Kg
Agregado com cinzas do bagaço de cana	2,14	R\$ 0,09	Kg
Agregado com Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	1,95	R\$ 5,66	M ³
Cimento Portland	1,86	R\$ 25,00	Saco
Cimento com escória de alto-forno	1,76	R\$ 30,04	Saco
Cimento com Resíduos de Construção e Demolição	1,76	Fase de estudo de viabilidade	
Cimento pó de calcário	1,76	R\$ 20,00	Saco
Agregado com pneu inservível	1,67	R\$ 2,00	Kg
Agregado com cerâmica vermelha	1,29	R\$ 55,00	Kg
Agregado com cinzas volantes	1,29	R\$ 0,63	Kg
Agregado com vidro	1,29	R\$ 0,10	Kg
Agregado siderúrgico ou escória de aciaria	1,29	R\$ 2,05	Kg

*Os preços utilizados vêm de pesquisas na internet e respostas de orçamentos

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado Moraes (2019), Lima & Moraes (2018).

Tabela 16: Ranking de materiais estruturais sustentáveis.

Materiais	Notas	Preço	Quantidade*
Madeira	3,19	Varia com o uso	
Tijolo de solo-cimento	2,9	R\$ 1,00	Unidade
Terra	2,71	R\$ 1,30	Kg
Steel Frame e Wood Frame	2,33	R\$ 1.010,00	30 min

*Os preços utilizados vêm de pesquisas na internet e respostas de orçamentos

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Lima & Moraes (2018).

Tabela 17: Ranking de materiais voltados para o acabamento.

Materiais	Notas	Preço	Quantidade*
Bambu	3,57	R\$ 50,00	Pacote
Madeira	3,19	Varia com o uso	
Vidros	2,14	Varia com o uso	
Materiais de mudança de fase	2,05	-	-
Tintas minerais	1,57	R\$ 21,36	Kg
Gesso	1,29	R\$ 1,99	Kg

*Os preços utilizados vêm de pesquisas na internet e respostas de orçamentos

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019) Lima & Moraes (2018).

C.1. INDICADORES DE VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICA DAS TECNOLOGIAS DE MATERIAIS.

Referente aos indicadores de viabilidade socioambiental e econômica das tecnologias de materiais apresentadas, ressalta-se que não usa as mesmas tabelas de energia e gestão de águas, e sim a tabela com parâmetros analisados elaborada por Lima & Moraes (2018).

A residência analisada possui uma área construída de 36,36 m², comportando uma sala, uma cozinha, dois quartos e um banheiro com pé direito de 2,50 metro de altura. A metragem assim como a área são descritas na tabela 18.

Tabela 18: Dimensões da residência analisada.

Cômodo	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m²)
Quarto1	3,3	2,8	9,24
Quarto 2	2,8	3,03	8,48
Cozinha	2,32	3,25	7,54
Banheiro	1,35	2,2	2,97
Sala	2,5	3,25	8,13

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019).

A suposta quantidade de materiais utilizadas na residência foi calculada usando como base as estimativas mais aplicadas pelo setor juntamente com as etapas da construção com o uso dos materiais levantados conforme o quadro na sequência. Porém, como os acabamentos possuem uma grande variedade, pois dependem diretamente do projeto de design e da qualidade dos produtos selecionados os mesmos ficaram fora do escopo de cálculo.

Tratando mais a fundo sobre as características da casa a mesma é composta por uma metragem total de paredes de 2,50 metro de altura com 20 centímetros de largura para os materiais tradicionais e com 15 centímetros para os materiais sustentáveis, a metragem total de paredes a serem construídas na residência tem o total de 38,15 metros, desta forma é possível definir também que a quantidade total de argamassa necessária para executar o revestimento das paredes tem o total de 52,36 m³ de argamassa. Outro valor fixo para ambos os materiais se

trata do concreto armado para o piso, pois para construção do mesmo deve-se possuir 36,36 m² de concreto armado.

As tabelas 19 e 20 apresentam o levantamento da quantidade de materiais tradicionais e sustentáveis necessários para a execução da obra juntamente com os prováveis valores a serem gastos para a aquisição dos materiais.

Tabela 19: Quantidade de material tradicional mínimo para execução da obra e seu custo.

Concreto armado 1:2 5:4			
Material	Quantidade Unitária	Quantidade para a obra	Custo
Concreto	0,08 m ³	3,52 m ³	R\$ 7.544,60
Ferro de Construção	Barras de 5.0	7 barras	R\$ 32,00
Concreto composição			
Material	Quantidade necessária	Quantidade para a obra	Custo
Cimento	7,2 Sacos/m ³	221 Sacos/m ³	R\$ 4.641,00
Areia	0,65 m ³	19,9 m ³	R\$ 676,60
Brita	0,78 m ³	23,9 m ³	R\$ 2.227,00
Cimento e areia no traço 1:4			
Material	Quantidade necessária	Quantidade para a obra	Custo
Cimento	6,6 Sacos/m ³	23 Sacos/m ³	R\$ 483,00
Areia	1,25 m ³	4,35 m ³	R\$ 147,90
Tijolo de 10x20x20 – Parede de 20 cm			
Material	Quantidade necessária	Quantidade para a obra	Custo
Tijolo	45 Unidades	3.636 Unidades	R\$ 1.236,24
Argamassa	0,043 m ³	3,5 m ³	R\$ 39,03
Revestimento de parede 1,5 cm de espessura			
Material	Quantidade necessária	Quantidade para a obra	Custo
Argamassa	0,015 m ³	72,72 m ³	R\$ 810,83

Fonte: Elaborado pela autora. Baseado em Lima & Moraes (2018).

Tabela 20: Quantidade de material sustentável para execução da obra e seu custo.

Concreto armado 1:2 5:4			
Material	Quantidade Unitária	Quantidade para a obra	Custo
Concreto	0,08 m³	3,52 m³	R\$ 5.662,07
Ferro de Construção	Barras de 5.0	7 barras	R\$ 32,00
Concreto composição			
Material	Quantidade necessária	Quantidade para a obra	Custo
Cimento	7,2 Sacos/m³	221 Sacos/m³	R\$ 5.525,00
Agregado com cinzas do bagaço de cana	0,65 m³	19,9 m³	R\$ 1,79
Agregado com Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	0,78 m³	23,9 m³	R\$ 135,27
Cimento e areia no traço 1:4			
Material	Quantidade necessária	Quantidade para a obra	Custo
Cimento	6,6 Sacos/m³	4,2 Sacos/m³	R\$ 105,00
Agregado com cinzas do bagaço de cana	1,25 m³	0,81 m³	R\$ 0,07
Tijolo de 15x30x14 – Parede de 15 cm			
Material	Quantidade necessária	Quantidade para a obra	Custo
Tijolo de solo-cimento	22 Unidades	2.133 Unidades	R\$ 2.133,00
Argamassa	0,0003 m³	0,64 m³	R\$ 3,20
Revestimento de parede 1,5 cm de espessura			
Material	Quantidade necessária	Quantidade para a obra	Custo
Argamassa	0,015 m³	72,72 m³	R\$ 363,60

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019). Lima & Moraes (2018).

Conforme Gerolla (2016) uma obra de construção civil pode ser dividida em 10 etapas e cada etapa possui um impacto diferente no orçamento. A separação proposta pelo autor juntamente com a porcentagem de influência de cada etapa em média, é descrita a seguir.

- Projeto, aprovações na prefeitura e outras burocracias (de 3% a 5%);
- Preparações preliminares (até 3%)
- Fundações (de 3% a 7%)
- Estrutura (de 12% a 20%)
- Fechamentos (de 10% a 19%)
- Cobertura (de 3% a 5%)
- Instalações elétricas (8%)
- Instalações hidráulicas (de 9% a 12%)
- Acabamentos internos e externos (de 20% a 38%)
- Limpeza, retoques e arremates (de 1% a 2%)

A listagem de materiais a qual a metodologia foi aplicada não contempla todas as etapas de execução de uma obra, os materiais analisados contemplam as etapas de fundação, estrutura, fechamentos e uma pequena parte

do acabamento. Não sendo possível estipular integralmente o custo de uma obra. Portanto, para se calcular a porcentagem de redução de custo da obra foi utilizado valores padrão de custos de construção e a redução condizente com as etapas que os materiais analisados.

Utilizando o método da quantificação de custo proposto por Tognetti (2018) em que se considera o custo unitário básico (CUB) na categoria de residência unifamiliar (R1) e o Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) foi possível estipular o valor da obra nos padrões de residência baixo, médio e alto.

Desta forma os inputs necessários para se calcular o valor da obra se tratam do CUB do estado de São Paulo na categoria R1 para padrão baixo R\$1.318,10/m², para o padrão médio R\$1.635,01/m² e para o padrão alto R\$1.953,31 e o BDI com o valor de 20,11%, em posse de tais informações os valores do custo da obra com materiais tradicionais e sustentáveis estão representados na tabela 21.

Tabela 21: Custos médios de materiais tradicionais e sustentáveis.

Fórmula Utilizada		
[(CUB * Área de construção) + itens não inclusos] *(1+BDI)= Custo Final		
Custo Materiais Tradicionais		
Baixo	Médio	Alto
R\$ 1.011.720,31	R\$ 1.254.967,62	R\$ 1.499.281,84
Custo Materiais Sustentáveis		
Baixo	Médio	Alto
R\$ 946.687,94	R\$ 1.174.274,46	R\$ 1.402.879,52

Fonte: Elaborado pela autora. Baseado em Lima & Moraes (2018).

O custo da obra de material sustentável foi acrescido e reduzido valores conforme o quadro a seguir, sendo baseada na lista de materiais previamente analisados e no custo final da tabela 22.

Tabela 22: Valores de redução e acréscimos e equivalência da obra.

	Fundação	Estrutura	Revestimento
	Baixo		
Porcentagem equivalente do custo da obra	R\$ 50.586,02	R\$ 161.875,25	R\$ 146.699,44
Valor da redução (Verde) Valor de acréscimo (vermelho)	R\$ 12.570,62	R\$ 28.457,67	R\$ 80.919,41
	Médio		
Porcentagem equivalente do custo da obra	R\$ 62.748,38	R\$ 200.794,82	R\$ 181.970,31
Valor da redução (Verde) Valor de acréscimo (vermelho)	R\$ 15.618,07	R\$ 35.299,73	R\$ 100.374,82
	Alto		
Porcentagem equivalente do custo da obra	R\$ 74.964,09	R\$ 239.885,09	R\$ 217.395,87
Valor da redução (Verde) Valor de acréscimo (vermelho)	R\$ 18.658,56	R\$ 42.171,80	R\$ 119.915,56

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Moraes (2019), Lima & Moraes (2018).

Utilizando como base um investimento de 20% uma renda familiar de até R\$4.000,00 e com o subsídio de R\$29.000,00 oriundo do Programa Minha Casa Minha Vida o cálculo do *payback* foi realizado para todos os cenários citados acima no quadro 25 e são apresentados na tabela 23.

Tabela 23: Valores de *payback* das tecnologias de materiais.

	Fundação	Estrutura	Revestimento
	Baixo		
Porcentagem equivalente do custo da obra	R\$ 50.586,02	R\$ 161.875,25	R\$ 146.699,44
Payback com subsídio máximo minha casa minha vida (anos)	2,25	13,84	12,26
	Médio		
Porcentagem equivalente do custo da obra	R\$ 62.748,38	R\$ 200.794,82	R\$ 181.970,31
Payback com subsídio máximo minha casa minha vida (anos)	3,52	17,90	15,93
	Alto		
Porcentagem equivalente do custo da obra	R\$ 74.964,09	R\$ 239.885,09	R\$ 217.395,87
Payback com subsídio máximo minha casa minha vida (anos)	4,79	21,97	19,62

Fonte: Elaborado pelos autores. Baseado em Lima & Moraes (2018).

CONCLUSÕES

Com relação as tecnologias de energia, comparando os resultados da economia de energia das tecnologias propostas com os benefícios sociais, ambientais e econômicos, é possível observar que para uma família brasileira as tecnologias mais viáveis são a iluminação e a ventilação naturais. A cobertura vegetal ainda é um processo que não tem um retorno financeiro tangível, contudo não se pode deixar de observar que ela proporciona um maior conforto térmico, melhoria na qualidade do ar do entorno e da população. Por fim, a energia fotovoltaica pode ser considerada um processo caro no país, que precisa de mais estudos e financiamentos, buscando que ela seja mais desenvolvida e utilizada, mas pode ser utilizada dependendo da renda familiar.

Foi possível observar que existe a possibilidade de uma maior difusão de construções eficientes energeticamente no contexto brasileiro. Trabalhos na área devem ser cada vez mais realizados, buscando não só expandir, mas também implantar tecnologias e alternativas passivas e ativas de energia, através de incentivos por parte governamental, fornecendo subsídios para uma maior conscientização e fiscalização das construtoras.

Com relação as tecnologias de gestão de águas este projeto demonstrou diversas tecnologias e equipamentos para redução do consumo de água nas edificações, além de alternativas para fornecer água de outras fontes, para usos não potáveis.

Muitos dos equipamentos apresentados podem ser encontrados no mercado. E para o estudo de caso deste projeto, quase todos se mostraram economicamente viáveis e com tempos de retorno bastante curtos. No caso da bacia sanitária com lavatório por gravidade, a equação escolhida não se mostrou aplicável por gerar um valor negativo, devido ao alto custo de aquisição do equipamento.

A análise de indicadores também evidenciou que todas as alternativas apresentadas possuem diversas qualidades. Contudo, considerando que a residência onde aplicou-se tais tecnologias estariam no meio urbano, alguns dos indicadores elaborados passam a ter mais peso do que os demais.

Assim, pode-se concluir que os equipamentos/alternativas que apresentam mais benefícios são: bacia sanitária

de duplo acionamento, equipamentos com restritores de vazão, arejadores (convencional e com vazão constante) e sistema de minicisterna, que, embora tenha um volume menor, apresenta as mesmas características de uma cisterna convencional e dimensões mais confortáveis para o meio urbano.

Tais equipamentos apresentaram tempos de retorno e custos de aquisição bastante baixos, e poderiam ser implantados nas residências hipotéticas sem gerar dificuldades. Quanto à minicisterna, por ser um sistema de fabricação simples e de materiais que podem ser adquiridos a preços muito baixos, acabaria por apresentar custos de aquisição e tempo de retorno variáveis, pois o volume de água economizado dependeria do regime pluviométrico do local em que o sistema de captação fosse inserido.

Com relação as tecnologias de materiais a metodologia demonstrou que pode ser aplicada com facilidade, pois mantém a subjetividade que o conceito de sustentabilidade carrega consigo e aliado ao guia de aplicabilidade para manutenção do padrão de análise. Juntamente a este fato possuímos o benefício que a análise do uso de materiais sustentáveis pode ser realizada por etapa da obra e assim beneficiar os três pilares da sustentabilidade, o pilar ambiental é contemplado com o uso de materiais menos impactantes ao meio ambiente, o pilar social é atendido ao fornecer mais possibilidades de escolha para atender as necessidades do usuário e por fim o pilar econômico é abrangido com a demonstração que existem escolhas de qualidade igual ou superior por preços equivalentes ou menores.

Com a aplicação das tecnologias no estudo de caso selecionado pode-se perceber que diversos materiais podem ser aplicados, porém, é importante verificar seu custo, durabilidade e demais fatores trabalhados nesta temática. Apesar deste trabalho ter realizado um estudo de caso para aplicação em residências unifamiliares, diversas das tecnologias podem ser aplicadas em outros tipos de edificações. Todavia, muitos usuários nem sempre tem conhecimento que tais tecnologias podem trazer benefícios socioambiental, mas também uma economia para os mesmos, e que podem ser implementadas durante ou pós obra finalizada. Porém, o interessante seria que as construtoras pudessem ter uma maior conscientização e busca dessas e outras tecnologias para melhorias da qualidade socioambiental, minimização de impactos e ainda economia tanto para o usuário como em grande parte dos casos para a própria construtora.

A adoção de construções mais sustentáveis é algo crescente. Muitas das construtoras no Brasil tem aderido a diversas práticas mais sustentáveis, seja por conscientização ou mesmo pelos benefícios que tem notado nesta nova fase do setor de construção civil. Outra tendência é das certificações ambientais para construções sustentáveis, onde o Brasil ocupa o ranking de quarto lugar no mundo em número de certificações LEED, o que demonstra que tal mudança no setor é um caminho que tende a se consolidar, auxiliando assim a aplicação de tecnologias de energia, gestão de águas e materiais, bem como outras temáticas, e ainda, trazendo oportunidades de surgimento de novas tecnologias e/ ou aperfeiçoamento das existentes, e ainda agregar valor. O que poderia ser analisado para projetos futuros pelas construtoras, por exemplo, na residência unifamiliar utilizada no estudo de caso.

Atualmente tramita no governo federal alteração de um dos artigos do Estatuto da Cidade, lei que orienta a ordenação dos espaços urbanos. Está em fase de aprovação, o artigo que sugere dentre outros pontos a adoção de práticas de construção sustentável, o que reforça a tendência do crescimento da nomeada construção sustentável e de mais fiscalizações no setor de construção civil, para que auxilie este setor a minimizar o cenário de um dos setores que mais gera impactos negativos ao meio ambiente e muitos desperdícios de materiais e econômicos.

Ressalta-se que o trabalho buscou também auxiliar na reflexão do setor de construção civil com vistas a ações e práticas mais sustentáveis ligados Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU, Agenda 2030, os quais podemos exemplificar ligados a este setor: ODS6 - Água e Saneamento para todos; ODS 7 – Energia acessível e limpa; ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura, ODS 11 – Cidades e comunidade sustentáveis e ODS 12 – consumo e produção responsáveis.

Por fim, esta pesquisa visa incentivar novos estudos e o uso de tecnologias e/ ou alternativas mais sustentáveis, podendo ser aplicadas além da habitação, em outras edificações públicas/ privadas e no auxílio da elaboração de políticas públicas para redução de custos e melhoria na qualidade das edificações com vistas a construção mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBUQUERQUE NETO, R. F.; JULIO, M. Estudo de técnicas sustentáveis para racionalização do uso de água em edificações com enfoque na demanda. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 6, n. 2, p. Páginas 85-103, 2014.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conservação e Reúso da Água em Edificações. AGUAPÉ ENGENHARIA E PROJETOS ECOLÓGICOS. Projetos. São Paulo: Prol Editora Gráfica, jun. 2005.
3. BISSOLI-DALVI, M et al. A Necessária Simplificação Na Metodologia De Avaliação Da Sustentabilidade Dos Materiais: Estudo De Caso – ISMAS. Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/artigo378627.pdf>>. Acesso 26 de maio de 2017.
4. DALLA COSTA, E., MORAES, C. S. B. *Construção Civil e a Certificação Ambiental: Análise Comparativa das Certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental)*. *Revista Engenharia Ambiental (Online)*. v.10, p.160 - 169, 2013.
5. ECOCASA. Tecnologias ambientais. Disponível em: <<https://www.ecocasa.com.br/>> Acesso em 20/ 08/ 2018.
6. ECOVITA. Incorporadora e Construtora. Disponível em <<https://ecovitaconstrutora.com.br/>> Acesso em 30/ 10/ 2018.
7. GEROLLA, G. Qual percentual médio do orçamento corresponde a cada etapa da obra. 2016. Disponível em: <<https://universa.uol.com.br/listas/qual-percentual-medio-do-orcamento-corresponde-a-cada-etapa-da-obra.htm>>. Acesso em: 27 jul. 2018.
8. HAFNER, A. V. Conservação e Reúso de Água em Edificações – experiências nacionais e internacionais. Mestrado (Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
9. KWAI, L. L.; MORAES, C. S. B. Tecnologias, conceitos e propostas do uso de materiais para a construção sustentável nas universidades. In: *Anais do XV ENGEMA - Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente*, São Paulo/ SP: FEA/ USP, 2013.
10. KWAI, L. L. Tecnologias, Conceitos E Propostas De Materiais De Construção Sustentável Do Centro De Vivências Da Unesp, Rio Claro/SP. Iniciação Científica (IGCE). Universidade Estadual Paulista. UNESP: Rio Claro, 2014.
11. LIMA, S. C. S.; MORAES, C. S. B. Análise de Viabilidade Socioambiental e Econômica de Materiais Sustentáveis para aplicação em Residências Unifamiliares. In: *Anais do XXIX Congresso de Iniciação Científica da Unesp*. Rio Claro/ SP: IGCE/ UNESP, 2017.
12. LIMA, S. C. S.; MORAES, C. S. B. Análise de Viabilidade Socioambiental e Econômica de Materiais Sustentáveis para aplicação em Residências Unifamiliares. Relatório de Iniciação Científica – PIBIC/ CNPq/ UNESP. Rio Claro/ SP: IGCE/ UNESP, 2018.
13. MIRANDA, A. L. G. ; SANTESSO, C. A. ; GARCIA, M. L. ; MORAES, C. S. B. Desenvolvimento de Programa para Simulações do Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos para os Municípios do Brasil. *Revista Brasileira de Energia Renováveis*, v. 8, p. 216-223, 2019.
14. MORAES, C. S. B. Análise da Eficácia e Viabilidade Socioambiental e Econômica de Tecnologias e Alternativas de Construção Sustentável para Habitação. (Relatório de pesquisa). Rio Claro/ SP: IGCE/ UNESP, 2019.
15. PROJETEEE. Projetando Edificações Energicamente Eficientes. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=SP-Piracicaba&id_cidade=bra_sp_piracicaba.868680_inmet> Acesso em 30/ 01/ 2019.
16. ROCHA, R. P.; MORAES, C. S. B.; SANTESSO, C. A.; PUGLIESI, E. Viabilidade socioambiental e econômica de tecnologias e alternativas para a gestão de água em residências unifamiliares. In: *Congresso ABES/FENASAN*, 2017, São Paulo/ SP: ABES, 2017a.
17. ROCHA, R. P.; MORAES, C. S. B.; PUGLIESI, E. Análise de tecnologias e alternativas para a gestão de água em residências unifamiliares. In: *Anais do I Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana – SINGEURB*. São Carlos/ SP: UFSCar, 2017b.
18. RODRIGUES, G. P. L. Diagnóstico de tecnologias e alternativas da gestão de água como proposta de construção sustentável para o uso na Universidade. Iniciação Científica (IC-IGCE). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro: UNESP, 2016.
19. SANTESSO, C.A. Construção Sustentável E Habitação: Diagnóstico De Alternativas E Tecnologias De Energias Para A Residência Unifamiliar. Iniciação Científica (FAPESP). UNESP: Rio Claro, 2013.
20. SANTESSO, C. A.; MORAES, C. S. B. Construção Sustentável e Habitação: Diagnóstico de Alternativas e Tecnologias de Energias para a Residência Unifamiliar. In: *Anais do XXV CIC - Congresso de Iniciação Científica da UNESP*, Rio Claro/ SP, 2013.

21. SANTESSO, C. A.; MORAES, C. S. B.; SANTARINE, G. A.; GONCALVES, J. C. Economia de Energia através de Estratégias Passivas e Ativas: Um Estudo de Caso para Habitação de Interesse Social. ESPACIOS (CARACAS), v. 38, p. 23, 2017.
22. SELLA, M. B. Reuso de Águas Cinzas: Avaliação da Viabilidade da Implantação do Sistema em Residências. 2011. 87 f. Trabalho de Diplomação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS). Porto Alegre.
23. SILVA, V. G. Indicadores de Sustentabilidade de Edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. Ambiente Construído, v. 7, n. 1, p. 47-66. Porto Alegre, 2007.
24. TOGNETTI, Giuliano. Como estimar o custo de uma obra em 2 minutos. Disponível em: <<http://engenheironocanteiro.com.br/orcamento-de-obra-cub/>>. Acesso em: 31 jul. 2018.