

ANÁLISE E PROSPECÇÃO DE MATERIAIS BIOSUSTENTÁVEIS PARA CONSTRUÇÕES DE BAIXA RENDA

Luisa Centofanti de Lima (IC) e Mariana Zuliani Theodoro de Lima (Orientadora)

Apoio: PIVIC Mackenzie

RESUMO

A construção civil encontra-se entre as indústrias mais poluentes do mundo, consumindo entre 40 e 75% dos recursos naturais, contribuindo expressivamente para a emissão de material particulado e gás carbônico. Dentro deste contexto, surge como possível solução, a bioconstrução, termo dado a edificações que visam diminuir a agressão ao meio ambiente, procurando construir em harmonia com a natureza, preservando a mesma e os recursos naturais. Sendo assim, faz-se necessário a busca por inovações, principalmente destinadas a construções que atinjam toda a população e não apenas uma seleta fatia do mercado consumidor com alto poder aquisitivo, posto que a maior parcela da população brasileira não se encontra neste perfil. O presente trabalho visou a elaboração de uma proposta de construção sustentável para conjuntos habitacionais, levando em consideração a aceitação do público alvo e estudo dos materiais propostos. Foi possível notar que embora grande parte da população consiga entender a importância da bioconstrução, muitos ainda não estão dispostos a pagar a mais por essa, fazendo-se expressiva a necessidade de baratear e tornar acessível tal vertente. Este fato pode estar atrelado a dificuldade de se encontrar produtos que se adequem aos termos necessários, principalmente levando em consideração que uma obra é setorizada e há ainda alguns em que a inovação sustentável possui maior dificuldade em evoluir.

Palavras-chave: Construções sustentáveis, Moradias de baixa renda, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Civil construction is among the most polluting industries in the world, consuming between 40 and 75% of natural resources, contributing significantly to the emission of particulate material and carbon dioxide. In this context, a possible solution arrives, the bioconstruction, term given to buildings that aim to reduce aggression to the environment, seeking to build in harmony with nature, preserving it and the natural resources. Therefore, it is necessary to search for innovations, mainly aimed at constructions that reach the entire population and not only a select group of consumers with high purchasing power, since the largest part of the Brazilian population is not on this profile. The present work aimed the elaboration of a proposal of sustainable construction for housing estates, taking into account the acceptance of the target public and study of the proposed materials. It was possible to notice that although a great part of the population can understand the importance of the bioconstruction, many of them are not willing to pay more for this, making expressive the need to cheapen and make accessible such strand. This fact may be related to the difficulty of finding products that fit the necessary terms, especially considering that a work is sectorized and there are still some of it where sustainable innovation has greater difficulty in evolving.

Keywords: Sustainable constructions, Low-income housing, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

“... princípios básicos da construção sustentável foram baseados nos materiais, o solo, a energia e a água, sendo eles: reduzir consumo de recursos, reutilizar recursos sempre que possíveis, reciclar materiais em fim de vida do edifício, proteger recursos naturais e eliminar materiais tóxicos e os subprodutos em todas as fases do ciclo de vida” (KIBERT, 2016).

Construir de forma sustentável trata-se de buscar soluções de forma a agredir menos o meio ambiente, visando a redução de impactos (SANGUINETTO, 2011). Sendo assim, é de extrema importância estudar itens importantes de uma construção que podem ser melhorados ou aperfeiçoados, a fim de se criar um modelo de casa integral ou parcialmente bioconstruída que possa ser seguida e implantada na prática (CANTARINO, 2006).

Agopyan (2013) afirma que embora a indústria da construção civil esteja entre as mais poluentes do mundo, seu ritmo não pode diminuir, pois isso acarretaria em deixar grande parte da população mundial em uma situação precária de moradia (apud DORIA; NUNES, 2015). Segundo estudos da Fundação *Lafarge Holcim*, da Suíça, que tem por objetivo selecionar e apoiar iniciativas de construção sustentável atreladas à excelência arquitetônica e qualidade de vida, mais da metade da população mundial mora em áreas urbanas, sendo desta forma necessária a viabilização da progressão da construção civil, porém realizada de forma sustentável (*Lafarge Holcim Foundation*, 2016).

Diante da percepção da saturação do meio ambiente com o acúmulo de resíduos, a construção sustentável começou a ser estudada, como uma tentativa de se gerar menos poluentes, aproveitando melhor os recursos naturais e fazendo construções adequadas a cada clima (apud DORIA; NUNES, 2015).

Os benefícios de uma casa ou construção sustentável são inúmeros. O resíduo da construção é cerca de três vezes menor do que os de uma construção civil tradicional (LOUVIGNÉ, 2010), gasta-se bem menos energia, pois antes da casa ser construída estuda-se de forma exaustiva o local para que haja grande obtenção de luz, além da avaliação da posição de janelas, para que favoreça a ventilação e por consequência a economia de energia com ventiladores ou ar-condicionado (SANGUINETTO, 2011).

É possível notar também, os diversos aspectos da construção que podem ser total ou parcialmente bioconstruídos. Um exemplo são as esquadrias, que podem usar materiais diferenciados e inovadores, como no caso de madeira reciclada e ainda *designs* diferenciados de acordo com cada necessidade. Não obstante, há ainda aqueles que

difícilmente sairão do convencional como a parte de elétrica ou fundações, entretanto mesmo diante desta perspectiva é possível encontrar detalhes que podem ser implantados e que de alguma forma irão contribuir para um resultado satisfatório (CORRÊA, 2009).

Diversos estudos têm demonstrado que quem vive ou trabalha em um local sustentável ou bioconstruído possui melhor rendimento, contribuindo para menor estresse. Portanto, uma construção sustentável pode contribuir não somente para o meio ambiente, mas também para quem o habita (SANGUINETTO, 2011).

Para Sachs (2002) o desenvolvimento social é necessário e mais do que isto, precisa-se da união de cientistas naturais e sociais para que este seja alcançado, de modo que se consiga aperfeiçoar e evoluir tanto o quesito social como o natural. Para Aگویpan, Vanderley, Goldemberg (2010) o desafio encontra-se ainda em descobrir o equilíbrio entre proteção ambiental, justiça social e viabilidade econômica, visto que é necessário diminuir o impacto ambiental e aumentar a justiça social dentro das possibilidades econômicas (apud DORIA; NUNES, 2015). A proposição do trabalho em questão responde justamente a esta problemática, pois busca encontrar meios que validem a construção de moradias sustentáveis, com um valor acessível e que consiga atingir uma ampla gama da sociedade, procurando contribuir também para maior igualdade social.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Como uma possível solução aos problemas gerados pela poluição e aos impactos da construção civil surgiu a bioconstrução (CANTARINO, 2006) com o intuito de preservar a natureza e os recursos naturais (ROAF, FUENTES, THOMAS, 2014). Entretanto ainda há alguns empecilhos presentes nesta vertente (CORRÊA, 2009), de modo que se pode dar enfoque a alguns aspectos importantes, que se melhor compreendidos podem contribuir para o sucesso da obra sustentável, estando entre eles as fundações, alvenaria e cobertura. Desta forma, apresentar-se-á estes elementos, para que seja possível atrelá-los aos materiais sustentáveis e conseguir a melhor união possível para uma bioconstrução, a ser demonstrado nos resultados.

De forma geral, as fundações são elementos responsáveis por transmitir as cargas de uma construção para o solo, garantindo a não ruptura do terreno e resistência da fundação. Seus exemplos são diversos, podendo ser rasas ou profundas (LEAL, 2004).

As fundações rasas consistem em fundações assentadas nas primeiras camadas do solo e dentre os benefícios propiciados estão o custo inferior e o fato de não provocar vibrações (AWA COMERCIAL, 2018), entretanto possuem a desvantagem referentes a limitação de altas cargas e o alto consumo de mão de obra.

Dentre as subdivisões da fundação rasa estão vigas de fundação ou baldrame, sapata, sapata corrida ou contínua, blocos de fundação e radier (PEREIRA, 2017).

As fundações profundas por sua vez podem ser definidas segundo a NBR 6122/1996 como aquelas que transmitem as cargas advindas da superestrutura ao terreno por sua base, ou seja por meio da resistência de ponta, ou por sua superfície lateral, chamada resistência de fuste, ou ainda pela combinação de ambas, enquadrando-se elementos de tubulões, estacas e caixões (VELLOSO; LOPES, 2010).

Os tubulões são elementos de formato cilíndrico, em que o operário precisa descer para a execução de sua base, ressaltando que podem ou não ter base alargada e podem ser executados com ou sem revestimento. Os tubulões podem ser do tipo a céu aberto ou ar comprimido. As estacas por sua vez são elementos que podem ser executados por equipamentos e ferramentas, sendo que dentre suas principais características estão grandes comprimentos e pequenas seções transversais; podem ser de deslocamento como pré-moldadas de concreto, metálicas, de madeira e tipo Franki, ou de escavação, como tipo Strauss, trato rotativo, hélice contínua e raiz. Já os caixões possuem forma prismática e são concretados na superfície e instalados por escavação interna (PEREIRA, 2018).

A cobertura por sua vez é responsável por proteger a estrutura, além de servir a aspectos econômicos e estéticos, contribuindo para o estilo arquitetônico. Dentre as relações com suas funções estão a impermeabilidade, leveza, isolamento térmico, acústico e durabilidade. Ressalta-se que para designar as especificações de uma cobertura é necessário levar em consideração as características do local, como o clima, visto que há diversos tipos de cobertura e diferentes materiais que podem ser empregados em cada uma (PEREIRA, 2018).

A alvenaria pode ter função estrutural ou de vedação, ajudando a suportar lajes e telhados, além de separar e adequar ambientes, vale ressaltar que também possui grande utilidade em quesitos como conforto térmico, acústico, pressão ao vento, infiltração a água e segurança aos ocupantes (MARINOSKI, 2011). Constitui uma das etapas mais importantes da construção de uma casa, além de estar entre as mais conhecidas, fazendo com que esteja entre os tópicos de maior possibilidade de inovação, como o caso dos tijolos de solo cimento, constituído de água, terra e cimento, o qual não é queimado e sim prensado (NICOLETTI, 2018).

3. METODOLOGIA

O trabalho teve como foco três vertentes: a elaboração de um perfil para um projeto de construção sustentável para moradias de baixa renda, visando um ambiente confortável e o despertar da consciência de seus moradores sobre as vantagens proporcionadas por esse

tipo de construção; uma visita técnica, trazendo ao trabalho o caráter prático e a demonstração de matérias aplicáveis ao projeto em questão; o que conduziu um roteiro de entrevista, no intuito de descobrir a aceitação da construção sustentável pelo público alvo em questão; além da busca de um referencial teórico por materiais que possam ser sustentáveis.

Para tanto foram feitas pesquisas sobre a problemática da construção civil convencional, como seu índice de poluição atmosférica, consumo de recursos naturais, de forma que se tornou possível destacar os principais gargalos e desafios. Posteriormente a este processo, iniciou-se o levantamento bibliográfico sobre construções sustentáveis no Brasil, inclusive entrando em contato com adeptos da construção sustentável como o professor Evandro Sanguineto, que construiu uma casa sustentável em Piranguinho (MG), cidade próxima a Itajubá e que foi capaz de evidenciar diversos aspectos sobre uma construção sustentável que podem ser implantados em uma construção convencional sem grandes dificuldades.

Estudou-se também aspectos importantes de uma construção, como fundações, alvenaria, cobertura e hidráulica, no qual o enfoque foi encontrar tecnologias possíveis de serem implantadas principalmente na região de Campinas. Após o levantamento prévio, o projeto foi direcionado a avaliação de formas a transformar uma construção convencional em uma bioconstrução, desta forma elaborou-se as premissas necessárias para chegar a um perfil de construção sustentável para moradias de baixa renda.

Já na segunda vertente, encontrou-se na região de Campinas o engenheiro Leonardo Nicolette que produz tijolos sustentáveis, uma espécie de evolução do tijolo de solo-cimento e para complementar a aprendizagem visitou-se a fábrica e foi aplicado um questionário contendo quinze perguntas para o mesmo, visando sanar dúvidas relacionadas ao estudo.

Posteriormente a esta etapa, fez-se necessário um ensaio não-destrutivo com tijolos, feito com o esclerômetro, aparelho que afere a resistência de estruturas, para comparação dos índices de resistência do tijolo sustentável, o bloco de cimento, o tijolo maciço e tijolo cerâmico (conhecido popularmente como tijolo baiano), no intuito de conseguir o embasamento necessário sobre a segurança e viabilidade de implementação do tijolo sustentável, além de garantir sua procedência.

Em etapa posterior foi realizado também um ensaio destrutivo com a prensa hidráulica, tendo como moldes o tijolo maciço e o tijolo sustentável, no intuito de conseguir uma medição que fosse fiel à resistência, possibilitando um nível de comparação entre ambos e por consequência proporcionar o estudo de viabilidade de implementação do tijolo sustentável.

A terceira vertente foi o desenvolvimento de um roteiro de entrevista. Aplicado no dia trinta e um de janeiro de 2018 referente ao pré-teste da pesquisa, contendo dezesseis

perguntas, todas produzidas no intuito de descobrir a aceitação da bioconstrução no público alvo, sendo que as perguntas iniciais foram embasadas em roteiros tradicionais realizados pelo IBGE e programas do governo, de forma que duas delas foram abertas e o restante fechadas, no intuito de catalogar as perguntas abertas em fechadas a fim de facilitar a análise na fase de teste. O público entrevistado foram os membros da equipe de limpeza terceirizada da Universidade Presbiteriana Mackenzie – campus Campinas, no qual houve no total quinze entrevistados.

Nesta fase haviam duas perguntas abertas, nas quais o entrevistado deveria escolher entre quatro fotos diferentes, fotos estas adicionadas para conseguir qualificar se há ou não um pré-conceito em relação as construções sustentáveis. Dentre as imagens a serem escolhidas, havia uma construção convencional e uma construção parcialmente sustentável e posteriormente uma construção convencional e uma construção totalmente sustentável, sendo que de acordo com as repostas a respeito do motivo da predileção por determinada casa, fez-se uma catalogação para tornar possível fazer apenas perguntas fechadas na etapa posterior.

Na etapa seguinte, o roteiro de entrevistas foi aplicado na Prefeitura da cidade de Campinas, próximo ao setor de cadastramento e recadastramento de programas sociais do governo para a construção de casas, de modo a buscar a amostra mais fiel possível ao público alvo do projeto a ser desenvolvido. O questionário seguiu com quinze questões, entretanto nesta fase todas as perguntas foram fechadas, possuindo ainda uma média de vinte entrevistados.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Aspectos gerais de uma construção

4.1.1 Fundações

Fundações são elementos utilizados para transmitir as cargas de uma construção para o solo, a fim de não provocar ruptura do terreno e mantê-la resistente. Esta parte da construção possui certa dificuldade em ser inovada em moldes sustentáveis, pois tratam-se de materiais que devem ser resistentes o suficiente para suportar as forças descarregadas de uma construção (PEREIRA, 2017).

Vale ressaltar que alguns materiais sustentáveis podem ser recomendados para este fim mas não atingem a resistência necessária em sua maioria, como no caso do bambu. (Ecocasa, 2011).

Em relação às técnicas utilizadas para fundação, o radier (fundações feitas pela união de várias sapatas em um único elemento) pode ser feito com cimento sustentável, que

substitui o uso do clínquer, material formado por calcário e argila, aquecido a cerca de 1,5 mil graus Celsius, que posteriormente é misturado e moído com a gipsita, emitindo cerca de oitocentos a mil quilos de gás carbônico para cada tonelada de clínquer (ALISSON, 2013). Substituí-lo pode diminuir consideravelmente a emissão de gases, já que o cimento convencional é responsável por 5% da emissão global humana de gás carbônico (ROAF, FUENTES, THOMAS, 2014). Há ainda a possibilidade de se utilizar polímeros sintéticos no lugar da lama bentonítica, a qual provoca impermeabilização do solo por suas características plastificantes, além de precisar ser descartada em local correto, o que nem sempre ocorre, e pode encarecer o custo das obras. O polímero por sua vez é biodegradável, não provoca impermeabilização do solo e após desempenhar sua função (mesma da lama bentonítica, de evitar o desmoronamento devido ao empuxo da terra durante a escavação e concretagem) (SEADI; LEDUR, 2011) torna-se uma espécie de sal que não acarreta danos ao terreno. Este pode ser mais caro que a lama bentonítica, mas seu custo-benefício é superior, principalmente quando o valor do descarte da lama é levado em consideração (BENBASSAT, 2010).

Pode-se ainda utilizar madeira plástica em parte da fundação, não integralmente, pois como já citado anteriormente a fundação é uma parte muito importante em uma obra, na qual o máximo de cuidado deve ser tomado e como ainda não há relatos de sua utilização para este fim há o receio sobre seu uso, todavia atualmente é indicado para decks e *piers*, pois trata-se de um material resistente a corrosão e imune as pragas, feito com plásticos reciclados e resíduos vegetais de agroindústrias, que não empena, racha ou solta farpas, de modo que não precisa ser pintado ou fazer manutenção. Uma outra opção sustentável seria o bambu, que possui mais dureza que o jatobá e maior durabilidade que o eucalipto, entretanto uma das limitações reside na resistência a altas cargas (Ecocasa, 2011).

Vale ressaltar que em relação a fundações deve-se ter um cuidado extra quando as paredes da alvenaria forem feitas com técnicas como o super adobe (técnica utilizada com terra compactada), pois é necessária uma fundação um pouco acima do convencional, pois o material empregado não pode entrar em contato com altos níveis de umidade para se manter resistente. Para fundações profundas a utilização de meios sustentáveis torna-se ainda mais complexa e difícil, já que esta precisa suportar altas cargas (ALMEIDA; NERES; COSTA; TEALDI; BIANCHI; PELLEGRINO, 2011).

Diante disso percebe-se que embora grandes modificações não possam ser tomadas há possibilidades que podem ser viabilizadas inclusive para as partes mais convencionais de uma obra como fundações. A aplicação que traz consigo maior sucesso de sustentabilidade e segurança seria a utilização de técnicas como radier, utilizando cimento sustentável ou tijolos sustentáveis como o de solo-cimento (NICOLETTI, 2018); poderia-se também utilizar os mesmos materiais para outros tipos de fundação como baldrame, sapata e blocos,

ressaltando que os tipos de fundação listados acima são condizentes a obras com limitações de a altas cargas, não podendo ser utilizados em obras de alta resistência (PEREIRA, 2017).

4.1.2 Cobertura

Diferente das fundações na cobertura há uma vasta gama de inovações e possibilidades (PEREIRA, 2018), entretanto sua maioria é inviável para grande parte da população, pois se assemelham a técnicas rudimentares, tornando-se muitas vezes mal aceita no mercado.

Dentre os modelos de telhados naturais tem-se coberturas minerais, coberturas vegetais rústicas e coberturas vegetais beneficiadas, ambas pouco utilizadas atualmente, por já possuírem materiais novos com menos peso e mais segurança que desempenham o mesmo papel, como telhas de cerâmica, de PVC, de amianto, de polipropileno, entre outros (PEREIRA, 2018).

No quesito sustentabilidade, o tipo de cobertura mais empregado é o telhado verde, entretanto este também possui restrições além do custo elevado, pois possui a desvantagem de ser pesado e por consequência requerer de um estudo de forças que o suportem e não comprometam a obra. Além disso necessita de uma mão de obra especializada ao ser empregado e se mal colocado pode ocasionar problemas sobretudo infiltração (ALBERTO, RECCHIA, PENEDO, PALETTA, 2012).

4.1.3 Alvenaria

Assim como na cobertura, a alvenaria é uma parte da obra que pode contar com grande inovação, sobretudo na utilização de materiais sustentáveis (PEREIRA, 2018).

Há diversos métodos que minimizam os efeitos negativos ao meio ambiente, em sua maioria por não serem necessárias altas temperaturas durante sua fabricação, diminuindo a emissão de gás carbônico (ROAF, FUENTES, THOMAS, 2014).

Dentre as técnicas estão o adobe, o superadobe, a taipa de pilão e o ferrocimento, entretanto estes possuem um caráter artesanal, o qual contribui para a dificuldade de implantação dos mesmos, além do fato de que o adobe e superadobe possuírem restrições quanto a umidade, de modo que suas fundações devem ser mais altas, para garantir distanciamento da umidade e sucesso da obra (ALMEIDA; NERES; COSTA; TEALDI; BIANCHI; PELLEGRINO, 2011).

Dentre as possibilidades sustentáveis de alvenaria, o item que mais se destaca é o tijolo de solo-cimento (SANGUINETTO, 2011) e suas derivações (tijolos que evoluíram a ideia inicial), sendo que para o presente artigo será dado enfoque a umas de suas derivações.

A derivação escolhida do tijolo de solo-cimento é composta de terra, cimento e água, que não é queimado e sim prensado, emitindo menos gás carbônico, passando por um processo de cura de três semanas, sendo uma semana molhando e duas semanas secando, de forma a adquirir maior resistência. Possui perfurações em sua estrutura diminuindo os custos e tempo de obra, pois toda a parte de hidráulica e elétrica possui passagem sem maiores dificuldades, além de encaixes, dispensando o uso de cimento, contribuindo também para a redução de gastos e de emissão de gás carbônico, economizando de 30% a 50% em comparação a uma obra com alvenaria convencional (NICOLETTI, 2018).

Vale ressaltar que todo o levantamento bibliográfico foi o diferencial para a determinação de quais métodos tornar-se-iam mais eficazes para o engrandecimento do trabalho, como o direcionamento da visita técnica, ensaio não-destrutivo e posteriormente ensaio destrutivo e roteiro de entrevista.

4.2 Tijolo sustentável

Os tijolos sustentáveis estão presentes em diversas construções (SANGUINETTO, 2011), por propiciar um alto nível de sustentabilidade, por não serem queimados e sim prensados, diminuindo desta forma a emissão de gás carbônico, reduzindo o desmatamento (cerca de sete a doze árvores a cada mil tijolos produzidos), além de contribuir de forma muito significativa para a redução de custos em uma obra (CASTELÃ, 2013).

O tijolo de solo-cimento existe há bastante tempo e começou a ser amplamente implementado em 1978, quando BNH aprovou casas populares após o estudo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, que constataram seu bom desempenho termoacústico e economia de 20% a 40% comparando ao sistema convencional, tratando de tijolos de barro e cerâmicos. (FIQUEROLA, 2004).

O foco principal do trabalho não é apenas a redução de custos, mas sim minimizar os impactos ambientais, visto que a construção civil é responsável por consumir grande parte dos recursos naturais, dentre estes alguns não-renováveis como cal, água potável e areia. De forma a tornar necessário substituir algumas destas fontes, sendo o tijolo sustentável uma das alternativas para tal (MOTTA, MORAIS, ROCHA, TAVARES, GONÇALVES, CHAGAS, MAGESTE, LUCAS, 2014).

4.2.1 Características gerais do tijolo

O tijolo em estudo foi feito na cidade de Atibaia, sua produção está sob o cuidado do Engenheiro Civil Leonardo Nicoletti, trata-se de uma espécie de evolução do tijolo de solo-cimento, com adaptações criadas pelo engenheiro em questão. O fato deste possuir encaixes,

dispensa o uso de cimento, possuindo em sua estrutura pequenas “folgas” criadas para garantir segurança nos momentos de dilatação (Figura 1).

Figura 1. Tijolo sustentável



Fonte: Autoria própria

O tijolo é constituído de terra, cimento e água prensados e sua fabricação passa por um processo de cura de três semanas, uma semana molhando e duas secando, no intuito de aumentar a resistência do tijolo. Possui duas perfurações em sua estrutura, facilitando a passagem de tubulações hidráulicas e elétricas, além de contribuir para conforto acústico e térmico fazendo com que se formem câmaras térmicas, proporcionando que o calor externo não passe para o interior da residência, de forma que durante o inverno ocorre o contrário, de forma que a temperatura da residência é superior a externa, além do fato de que as perfurações também possibilitam a evaporação do ar, fazendo com que não haja umidade nas paredes.

4.2.2 Pontos de estudo

Apesar das diversas vantagens proporcionadas pelo tijolo em questão surgiram alguns pontos de questionamento, como o fato do tijolo ser prensado e não queimado assim como nas técnicas de superadobe e adobe, de forma a relacionar o problema de tais técnicas, como principalmente a falta de resistência atrelada ao contato com a água, com o tijolo em questão, visto que este também é feito de terra compactada. Segundo o estudo *in loco* este fato poderia ser resolvido com uma camada de verniz, criando uma espécie de película impermeabilizante sobre tijolo, evitando assim os problemas advindos da técnica do adobe e superadobe.

Outro ponto levado em questão foi a produção, no caso da necessidade de uma produção em larga escala, já que na fábrica são produzidos apenas mil tijolos por dia.

Houve mais um ponto a ser levado em conta, no caso de fundações, visto que as obras supervisionadas utilizando-se o tijolo tratavam-se de fundações utilizando técnica radier e viga baldrame, tipos comuns em obras de pequeno e médio porte, pois ambas não tratam de fundações muito complexas.

O último quesito levantado foi a questão da resistência dos tijolos, já que o dado fornecido foi de aproximada de 4 MPa, um valor razoavelmente baixo em comparação a resistência padrão da parede de casas, que pode variar de acordo com o tijolo, traço da argamassa, assentamento e se tiver revestimento ou não, indo de 10 MPa a 30 MPa em média, de modo que pareceu necessário fazer um ensaio não destrutivo com tal, com um aparelho denominado esclerômetro.

4.2.3 Ensaio com o esclerômetro

O ensaio foi feito no dia 15 de março de 2018, no laboratório de materiais de construção da Universidade Presbiteriana Mackenzie – campus Campinas, de acordo com a NBR 7584 e NM 78:96, utilizando o bloco de cimento, o tijolo maciço, o tijolo cerâmico e o tijolo sustentável para vias de comparação.

Foi utilizado em esclerômetro Schimidt, tipo N, posicionado a 90° da superfície a ser aferida. Primeiramente foram feitos quadrados, num número entre 9 e 16, com dimensões de no mínimo 3 e no máximo 4 cm. O esclerômetro foi posicionado e o impacto horizontal foi dado, a fim de aferir a medição da resistência do ponto em questão.

O tijolo maciço obteve resistência média de 26,33 MPa, enquanto o bloco 19,44 MPa, entretanto não foi possível fazer a aferição do tijolo cerâmico e do tijolo sustentável, pois estes não suportaram a força empregada pelo esclerômetro.

O ensaio em questão não subsidiou o fomento necessário, com resultados discrepantes do esperado, visto que em dois dos moldes escolhidos não foi possível encontrar uma medição correta pois estes não suportaram a força do equipamento, fazendo-se necessário um ensaio destrutivo com a prensa hidráulica, para melhor aferição de dados.

4.2.4 Ensaio com a prensa hidráulica

No dia 14 de maio de 2018 foi realizado o ensaio com a prensa hidráulica, por compressão diametral, no laboratório de Materiais de Construção da Universidade Presbiteriana Mackenzie – campus Higienópolis, de acordo com a NBR 6136, com sete unidades de tijolo maciço e sete unidades de tijolo sustentável para vias de comparação.

Primeiro foi feito o ensaio com o tijolo maciço, por vezes foi necessário colocar areia na superfície do mesmo antes do teste, no intuito de nivelá-lo para que a carga fosse melhor distribuída, sua resistência média foi de 4,64 Mpa.

Posteriormente foi feito o ensaio do tijolo sustentável, sendo que este atingiu resistência média de 14,3 MPa, sendo que o fabricante forneceu a informação que iria de aproximadamente 3,5 MPa a 4 MPa. No caso desta medição, não foi considerada totalmente precisa, visto que foi necessário retirar a parte saliente utilizada para encaixe ao entorno das

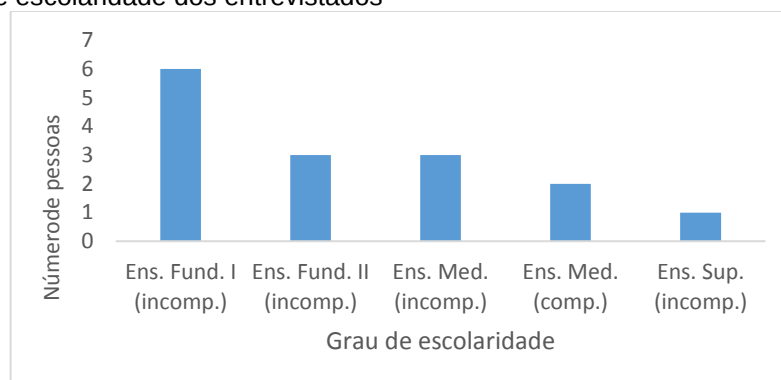
circunferências, pois da forma em que se encontrava- não seria possível medir a resistência do todo, mas apenas da parte em questão. Vale ressaltar que o fornecedor do tijolo demonstrou impossibilidade de fornecer as formas para realização do ensaio sendo que a melhor forma encontrada foi a descrita acima.

Vale ressaltar que o tijolo sustentável superou as expectativas neste ensaio, entretanto o tijolo maciço obteve grande discrepância com os coletados com o esclerômetro e neste ensaio, mesmo os tijolos de ambos os ensaios serem de mesmo fabricante, fazendo-se necessário maiores estudos.

4.3 Entrevista

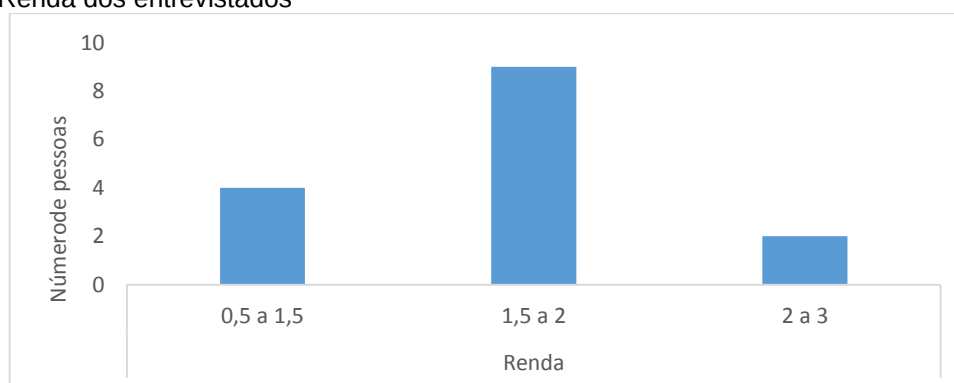
Durante a fase de pré-teste entrevistaram-se doze mulheres e três homens, com diferentes níveis de escolaridade (figura 2), com renda variando entre na faixa de 0,5 a 1,5 salários mínimos até 2 a 3 salários mínimos (figura 3).

Figura 2. Nível de escolaridade dos entrevistados



Fonte: Autoria própria

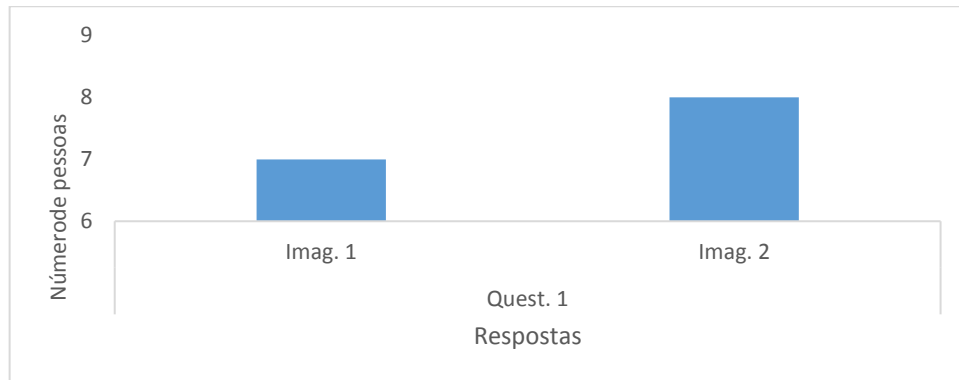
Figura 3. Renda dos entrevistados



Fonte: Autoria própria

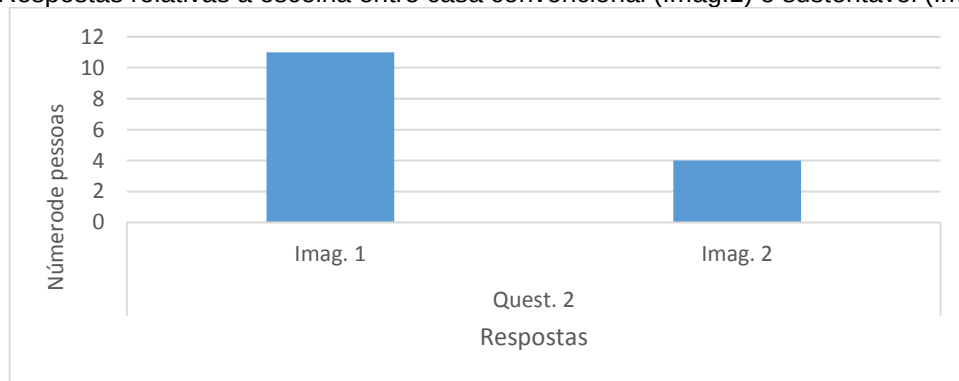
O roteiro de entrevista buscou avaliar a percepção e pré-concepção do entrevistado em sobretudo em relação à construção sustentável. As respostas foram variadas, entre a construção convencional (Imagem 1) e a parcialmente sustentável (Imagem 2) houve uma maioria com predileção para a parcialmente sustentável (Figura 4), já na comparação entre a casa convencional e a sustentável houve uma maioria na convencional (figura 5).

Figura 4. Respostas relativas a escolha entre casa convencional (Imag.1) e parcialmente sustentável (Imag. 2)



Fonte: Autoria própria

Figura 5. Respostas relativas a escolha entre casa convencional (Imag.1) e sustentável (Imag. 2)



Fonte: Autoria própria

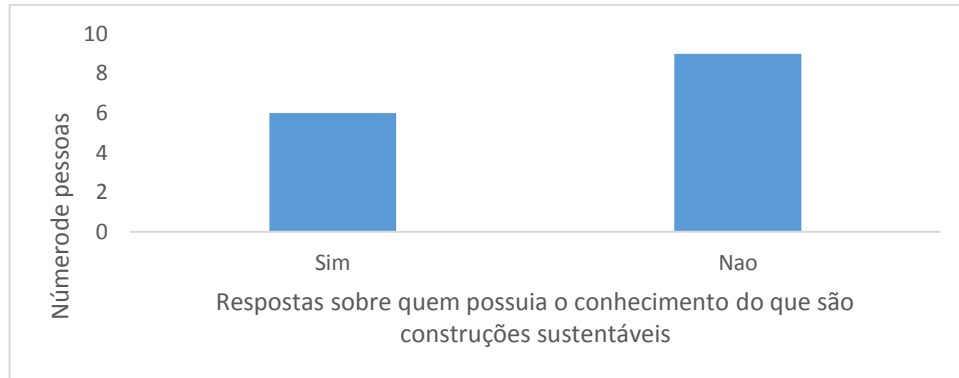
Vale ressaltar que nesta etapa do projeto perguntou-se o porquê da escolha dentre as casas apresentadas, para que estas respostas fossem analisadas e catalogadas no intuito de tornarem-se questões de múltipla escolha na fase de teste, a maioria das pessoas responderam que sua escolha era motivada devido a quantidade de espaço nas casas, por estética ou simplesmente por uma predileção, pois atendia a mais quesitos do gosto pessoal de cada entrevistado.

Posterior a decisão de predileção perguntou-se sobre possíveis itens de uma construção sustentável, como captação de água da chuva e energia solar, no quesito de painéis fotovoltaicos a decisão foi unânime, todos os entrevistados gostariam de uma possível implementação em residências futuras, na captação de água da chuva houve uma pequena diferença, em que catorze pessoas responderam que sim e apenas uma talvez, demonstrando que a maioria apoiou tal prática, valendo ressaltar que uma das entrevistadas ressaltou a tentativa de implementação em sua casa atualmente.

Ao final das perguntas sobre itens de uma construção sustentável, questionou-se aos entrevistados se estes sabiam o que era uma construção sustentável e muitos destes responderam que não tinham conhecimento sobre tal, de forma que foi explicado a eles o que

é essa vertente de construção e posteriormente encerrou-se o questionário com esse grupo (Figura 6).

Figura 6. Respostas sobre quem possuía conhecimento sobre o que são construções sustentáveis.

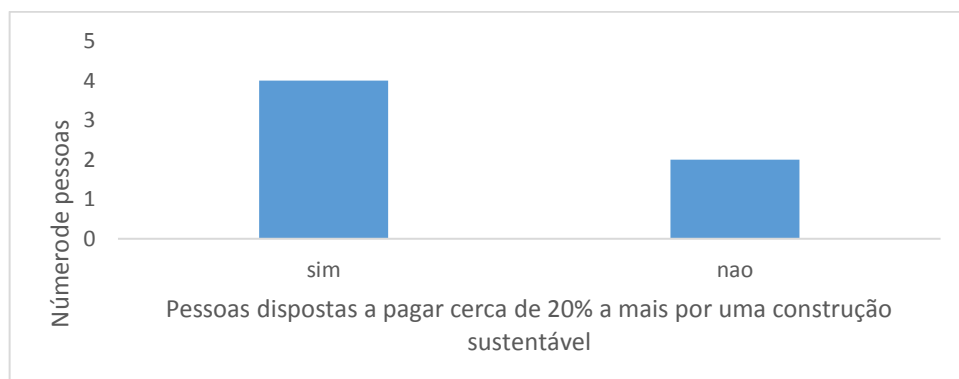


Fonte: Autoria própria

Para os que afirmaram saber o que são construções sustentáveis foram feitas outras perguntas com base em possíveis adendos de uma construção sustentável, como predileção, relevância e estimativa financeira

Perguntou-se aos que afirmaram saber o que são construções sustentáveis se gostavam ou não desta vertente e todos responderam que sim, posteriormente questionou-se se acreditavam que a bioconstrução era importante e novamente houve unanimidade na resposta e todos concordaram, entretanto quando o assunto tornou-se financeiro o quadro não se repetiu, de modo que mesmo a maioria afirmando que pagaria cerca de 20% a mais por uma casa sustentável tendo o retorno em cerca de cinco anos, houve divergências, (Figura 7) como era esperado, devido a um dos fatores limitantes para a implementação de construções sustentáveis ser o custo muitas vezes elevado.

Figura 7. Respostas se estariam dispostos a pagar 20% a mais por uma casa sustentável para um retorno em aproximadamente cinco anos



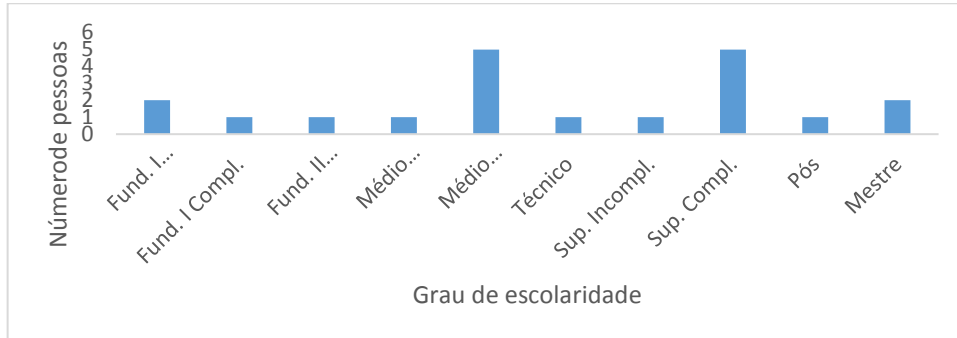
Fonte: Autoria própria

No dia cinco de fevereiro de 2018 foi aplicada a versão definitiva do questionário, valendo ressaltar que este não teve alteração em relação a fase de pré-teste, apenas houve a catalogação das perguntas abertas, na Prefeitura de Campinas, diante da porta de acesso para cadastramento e recadastramento de moradias sociais, no intuito de atingir um público

alvo o mais fidedigno possível. O questionário contou com quinze perguntas fechadas provenientes das anteriores. Foram entrevistadas vinte pessoas, com idade variando de dezessete a sessenta e sete anos, sendo elas treze mulheres e sete homens.

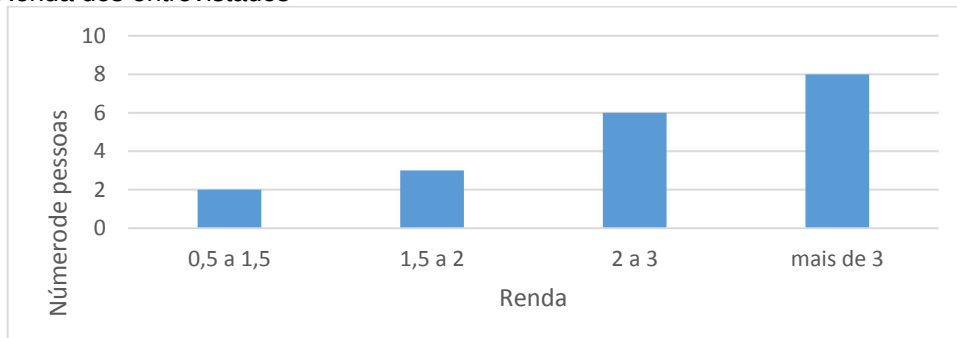
O nível de escolarização foi variado (Figura 8), assim como renda familiar dos entrevistados (Figura 9), vale ressaltar que nesta etapa houve uma pessoa que se recusou a responder sua renda por motivos pessoais.

Figura 8. Nível de escolaridade dos entrevistados



Fonte: Autoria própria

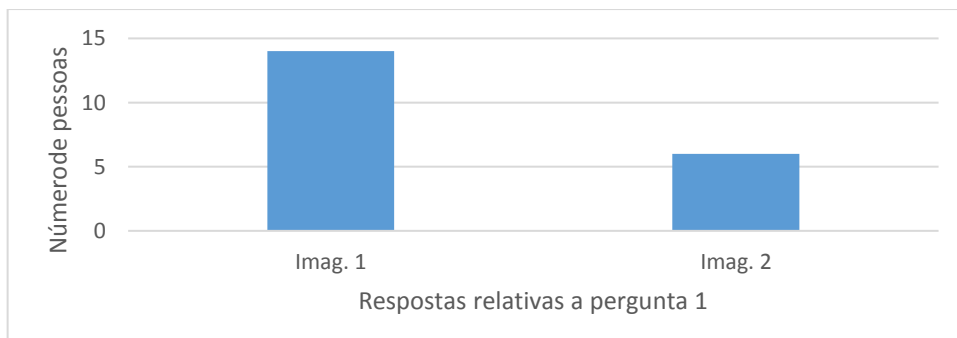
Figura 9. Renda dos entrevistados



Fonte: Autoria própria

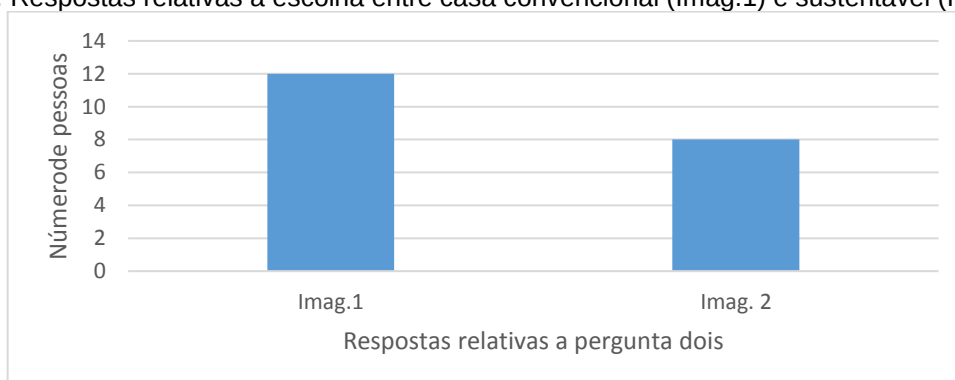
Novamente as imagens de construções convencional, parcialmente sustentável e totalmente sustentável foram mostradas e houve uma diferenciação do perfil traçado na fase anterior, já que nesta houve uma predileção quanto a casa convencional em comparação com a parcialmente sustentável (figura 10) e com a totalmente sustentável (Figura 11).

Figura 10. Respostas relativas a escolha entre casa convencional (Imag.1) e parcialmente sustentável (Imag. 2)



Fonte: Autoria própria

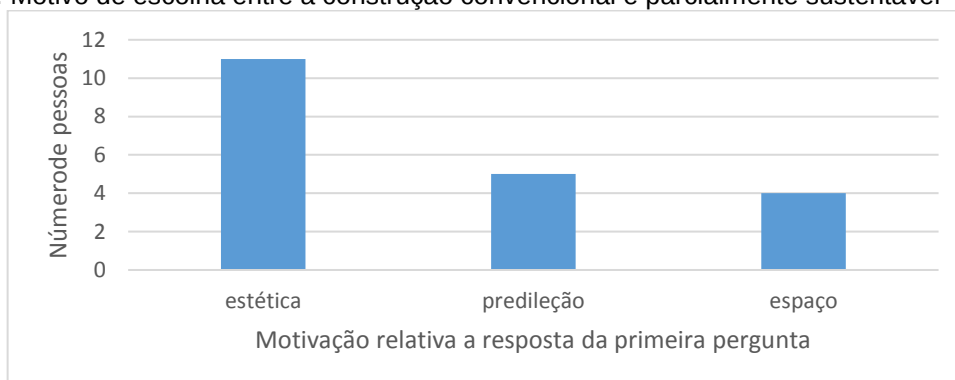
Figura 11. Respostas relativas a escolha entre casa convencional (Imag.1) e sustentável (Imag. 2)



Fonte: Autoria própria

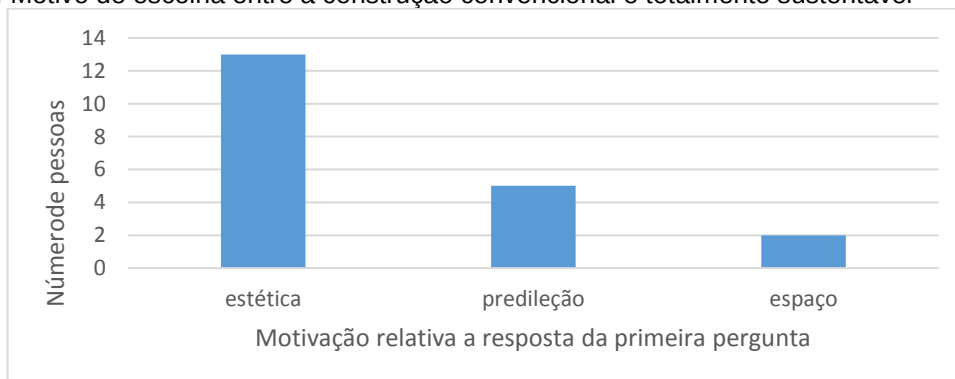
Diferente da fase de pré-teste nesta etapa não houve perguntas abertas quanto ao motivo da escolha entre as casas, estas foram catalogadas de acordo com a maior incidência de respostas da fase de pré-teste, de modo que a escolha entre a casa convencional e a parcialmente sustentável (Figura 12) e a convencional e a totalmente sustentável (figura 13) seguiram os itens compilados, sendo estes espaço, estética e predileção, valendo ressaltar que havia a opção outro, mas em nenhum momento os entrevistados optaram por esta.

Figura 12. Motivo de escolha entre a construção convencional e parcialmente sustentável



Fonte: Autoria própria

Figura 13. Motivo de escolha entre a construção convencional e totalmente sustentável



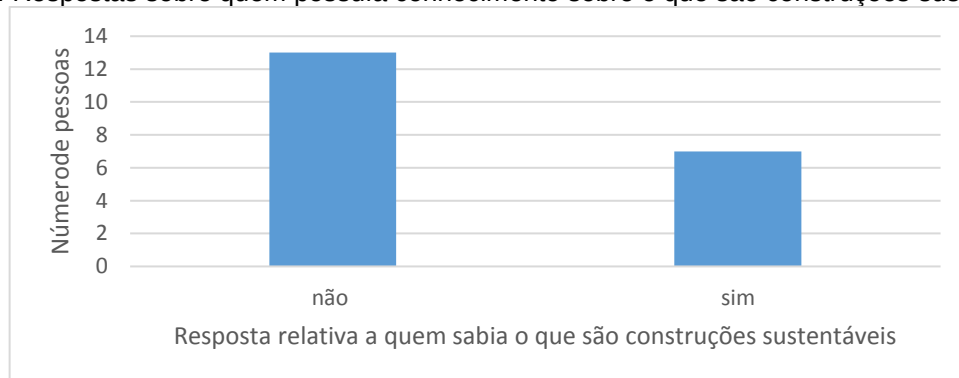
Fonte: Autoria própria

Posteriormente questionou-se sobre a vontade possuir energia solar e captação de água da chuva em uma residência, todos os entrevistados afirmaram que gostariam de uma

casa com captação de água da chuva, entretanto houve uma pessoa que afirmou não ter certeza sobre energia solar.

Ao questionar sobre o conhecimento prévio sobre o que seria uma construção sustentável, a maioria afirmou não saber do que se tratava (figura 14). Fato interessante notado durante esta etapa foi que pessoas com maior escolaridade entrevistados não sabiam de que se tratava uma construção sustentável, revelando que a falta de conhecimento sobre o assunto pode não estar atrelada a nível de escolarização.

Figura 14. Respostas sobre quem possuía conhecimento sobre o que são construções sustentáveis



Fonte: Autoria própria

Dentre as sete pessoas que afirmaram saber de que se trata uma construção sustentável todos afirmaram que gostam da vertente em questão, que acha relevante construir de forma sustentável e que pagariam cerca de 20% mais caro para obter seu retorno em aproximadamente cinco anos, todavia percebeu-se que nem todos estavam sendo sinceros ao afirmar que pagariam mais por uma casa sustentável e que respondiam de tal forma por notar que esta era a pauta da entrevista.

Outro ponto levantado foi a percepção que embora a entrevista seja um meio muito interessante de se pesquisar e obter dados os mais reais possíveis, há grandes impasses, pois grande parte dos entrevistados recusa-se a responder.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor da construção civil está entre os mais poluentes, fato este que precisa ser melhor estudado, principalmente no Brasil, em que a sustentabilidade é pouco abordada e extremamente necessária, para que desta forma cada vez mais seja possível construir melhor e de forma mais sustentável. Diversos trabalhos já têm sido feitos, mas infelizmente o setor construtivo ainda não alcançou sua plenitude no quesito sustentabilidade, todavia pequenas medidas podem aperfeiçoar e garantir o melhor desempenho de uma construção, como na disseminação de informações a respeito da construção sustentável, exemplificado por meio do roteiro de entrevista

Embora haja desafios relacionados a inovação e sustentabilidade, que podem ser atrelados ao alto custo de materiais sustentáveis ou até mesmo a falta de informação sobre a vertente em questão, é possível construir de forma sustentável, mesmo com a dificuldade de aplicar mudanças em setores como o de fundações, há ainda setores de fácil abordagem e inovação como o de alvenaria, que pode ser exemplificado com o estudo relativo ao tijolo sustentável.

6. REFERÊNCIAS

- ALBERTO, E. Z.; RECCHIA, F. M.; PENEDO, S. R. M.; PALETTA, F. C. *Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis*, São Paulo: FAAP, 2012.
- ALISSON, E. *Pesquisadores da USP desenvolvem cimento ecoeficiente*, São Paulo: Fapesp, 2013.
- ALMEIDA, D.; NERES, F.; COSTA, M.; TEALDI, M.; BIANCHI, P.; PELLEGRINO, V. *Adobe*, Campinas: PUC, 2011.
- AWA COMERCIAL. *Tipos de fundações: Como definir a melhor para sua obra*, 2018. Disponível em: <<http://awacomercial.com.br/blog/tipos-de-fundacoes-como-definir-a-melhor-para-sua-obra/>> Acesso em: 05 jul. 2018.
- BENBASSAT, R. *Polímeros sintéticos substituem lama bentonítica em estabilização de solo*, São Paulo: Pini, 2010.
- CANTARINO, C. *Bioconstrução combina técnicas milenares com inovações tecnológicas*. Campinas: Inovação Uniemp, 2006.
- CASTELÃ, E. *Tijolos ecológicos: bons e corretos*, Belo Horizonte: Revista Ecológico, 2013.
- CORRÊA, L. *Sustentabilidade na construção civil*. Belo Horizonte: UFMG, 2009.
- Constructing Excellence. *Introduction to Sustainable Construction*, 2006. Disponível em: <<http://constructingexcellence.org.uk/resources/introduction-to-sustainable-construction/>> Acesso em: 29 set. 2017.
- DORIA, M. C. F.; NUNES, F. M. *Reflexões sobre a educação ambiental em uma turma de discentes do curso de graduação em engenharia civil*, Vitória da Conquista: Museu Pedagógico, 2015.
- Ecocasa. *Conheça as soluções para construção sustentável da ecocasa*, Limeira: 2011. Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/solucoes-para-construcao-sustentavel-da-ecocasa>> Acesso em: 23 abr. 2018.
- FIQUEROLA, V. *Alvenaria de solo-cimento*. São Paulo: Téchné, 2004.
- KIBERT, C. J. *Sustainable construction: green building design and delivery*. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2016.
- LafargeHolcimFoudation. *Understanding sustainable construction*, 2016. Disponível em: <<https://www.lafargeholcim-foundation.org/AboutPages/what-is-sustainable-construction>> Acesso em: 29 ago. 2017.

LEAL, U. *Fundações rasas*. São Paulo: Técnica, 2004.

LOUVIGNÉ, Y. *La bio-construction - une maison où il fait bon vivre*, 2010. Disponível em: <<http://www.bio-construction.com/la-bio-construction/>> Acesso em: 06 nov. 2017.

MARINOSKI, D. *Alvenarias: conceitos, alvenaria de vedação, processo executivo*. Florianópolis: UFSC, 2011

MOTTA, J. C. S. S.; MORAIS, P. W. P.; ROCHA, G. N.; TAVARES, J. da C.; GONÇALVES, G. C.; CHAGAS, M. A.; MAGESTE, J. L.; LUCAS, T. de P. B. *Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis*, Belo Horizonte: Revista E-xacta, 2014.

NICOLETTI, Leonardo. Entrevista, 23 jan. 2018. Atibaia/SP

PEREIRA, C. *Fundações Profundas*, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/fundacoes-profundas/>> Acesso em: 05 mar. 2018

PEREIRA, C. *Fundações Rasas ou Superficiais*, 2017. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/fundacoes-rasas/>> Acesso em: 05 mar. 2018

PEREIRA, C. *Noções básicas de Fundações*, 2017. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/nocoas-basicas-de-fundacoes/>> Acesso em: 11 fev. 2018

PEREIRA, C. *O que é Alvenaria*, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria/>> Acesso em: 11 fev. 2018

PEREIRA, C. *Telhados*, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/teelhados/>> Acesso em: 13 fev. 2018

SANGUINETTO, E. C. *Arquitetura da complexidade: design à serviço da vida em um estudo de caso no sul de minas gerais*. São Paulo: LABVERDE, 2011.

SEADI, M. L. B. de; LEDUR, A. *Paredes Diafragma Moldadas in loco: Lama Bentonítica e Concretagem*. Porto Alegre : UFRGS, 2011.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. *ECOHOUSE – A casa ambiental sustentável*. São Paulo: Bookman, 2013.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. *Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

Contatos: lucentofantilima@hotmail.com e mariana.lima@mackenzie.br