



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

FRANCISCA JOANNA GESLLA SILVA

ANÁLISE COMPARATIVA DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE
CONSTRUÇÕES EM ALVENARIA: TERRA CRUA X BLOCOS CERÂMICOS

PAU DOS FERROS-RN
2017

FRANCISCA JOANNA GESLLA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE
CONSTRUÇÕES EM ALVENARIA: TERRA CRUA X BLOCOS CERÂMICOS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Câmpus Pau dos Ferros, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a Isabelly Christiny Monteiro de Souza Pinto

Co-orientadora: Prof^a Ma. Marília Cavalcanti Santiago

**PAU DOS FERROS-RN
2017**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S587a Silva, Francisca Joanna Geslla.

Análise comparativa do comportamento térmico de construções em alvenaria: terra crua x blocos cerâmicos / Francisca Joanna Geslla Silva. – Pau dos Ferros, 2017.
61 f. : il.

Orientadora: Isabelly Christiny Monteiro de Souza Pinto.

Coorientadora: Marília Cavalcanti Santiago.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

1. Materiais de construção. 2. Terra crua. 3. Bloco cerâmico. 4. Conforto térmico.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FRANCISCA JOANNA GESLLA SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE
CONSTRUÇÕES EM ALVENARIA: TERRA CRUA X BLOCOS CERÂMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, para obtenção do
título de Engenharia Civil.

APROVADA EM: 02 / 05 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Isabelly Christiny Monteiro de Souza Pinto
Prof.^a Isabelly Christiny Monteiro de Souza Pinto
Presidente

Marília Cavalcanti Santiago
Prof.^a Ma. Marília Cavalcanti Santiago
Primeiro Membro

Jennef Carlos Tavares
Prof. Jennef Carlos Tavares
Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida me dando força, sabedoria, paciência e dedicação; me proporcionando assim alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Francisco Xavier da Silva e Francisca Inêz da Silva, pelo carinho e compreensão de sempre. Obrigada pelo apoio e investimento, dentro e fora da vida acadêmica. A vocês dedico todo meu amor, orgulho e gratidão.

Aos meus irmãos Elias, Sebastiana, e em especial a Edvaldo que tanto contribuiu com minha estadia em Pau dos Ferros/RN. Obrigada pelo carinho sempre demonstrado e a ajuda nos momentos mais difíceis.

Aos meus tios, José Aquilino Neto e Maria Auxiliadora Martins Aquilino, que me acolheram em sua casa com o maior conforto possível. Bem como aos demais tios, primos e todos os familiares.

A Jardel Eduardo de Holanda, que tanto me ajudou nos momentos difíceis e me incentivou a seguir em frente. Agradeço pela compreensão, companheirismo, conselhos, e pelo amor que me dedicastes.

A minha orientadora, Isabelly Christiny Monteiro de Souza Pinto, pela orientação na construção deste trabalho. Obrigada pelas críticas – sempre construtivas, pela disponibilidade, dedicação e paciência. A você, minha admiração pela excelente profissional e grande ser humano.

A minha co-orientadora e amiga, professora Marília Cavalcanti Santiago, pela revisão do trabalho. Agradeço pelo carinho de sempre, por sua atenção dentro e fora de sala de aula. És um exemplo de determinação e coragem.

A todos os professores da UFERSA, que contribuíram com minha formação acadêmica e meu crescimento pessoal. Bem como, a todos os meus amigos, tanto de sala de aula, como os que me relatei nesta etapa da minha vida.

"Por isso não tema, pois estou com você; não tenha medo, pois sou o seu Deus. Eu o fortalecerei e o ajudarei; eu o segurarei com a minha mão direita vitoriosa".

Isaías 41:10

RESUMO

Entre as técnicas construtivas mais utilizadas na região Nordeste, destacam-se a alvenaria com blocos cerâmicos ou com tijolos à base de terra. Contudo, a terra crua é um dos recursos mais antigos e mais amplamente utilizados pelo homem; sendo suas propriedades consideradas favoráveis em relação ao conforto térmico, durabilidade e versatilidade. Neste sentido, este trabalho tem como principal finalidade analisar o desempenho térmico de edificações construídas em terra e compará-lo ao de construções com alvenaria de blocos cerâmicos. Para tanto, foi realizado um estudo de caso na cidade de Iracema/CE através de visitas *in loco* compostas por: entrevistas, registros fotográficos, medições de temperaturas internas, externas, e umidade; em moradias construídas com terra crua e com blocos cerâmicos. Mediante coleta e análise dos dados, foi possível verificar que as construções com terra crua exibem propriedades térmicas superiores às edificações de blocos cerâmicos. Os moradores que residem em casas de terra relataram em entrevista que suas casas são confortáveis termicamente, e demonstraram grande satisfação quanto ao material. Já os entrevistados que residem em alvenarias de blocos cerâmicos, demonstraram insatisfação ao desempenho térmico de suas residências, e alguns afirmaram que preferiam morar em edificações construídas com tijolos comuns de terra. Portanto, por ser uma técnica considerada formidável no que diz respeito ao desempenho térmico, a terra crua é julgada como um material adequado a climas quentes e secos, como é o caso da área estudada.

Palavras-Chave: Materiais de construção. Terra crua. Bloco cerâmico. Conforto térmico.

ABSTRACT

Among the most used constructive techniques in the Northeast region are the masonry with ceramic blocks or earth-based bricks. However, raw land is one of the earliest and most widely used resources of man; And their properties are considered favorable in terms of thermal comfort, durability and versatility. In this sense, this work has as main purpose to analyze the thermal performance of buildings built on land and to compare it to the constructions with masonry of ceramic blocks. For that, a case study was conducted in the city of Iracema/CE through on-site visits composed of: interviews, photographic records, internal and external temperature measurements, and humidity; In houses built with raw earth and with ceramic blocks. By collecting and analyzing the data, it was possible to verify that the buildings with raw earth exhibit thermal properties superior to the constructions of ceramic blocks. Residents of landowners reported in an interview that their homes are thermally comfortable, and have shown great satisfaction with the material. Already interviewees residing in masonry of ceramic blocks, demonstrated dissatisfaction to the thermal performance of their residences, and some affirmed that they preferred to live in buildings constructed with common earth bricks. Therefore, because it is considered a formidable technique with respect to thermal performance, the raw soil is judged as a suitable material for hot and dry climates, as is the case of the studied area.

Keywords: Construction Materials. Raw ground. Ceramic block. Thermal comfort.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Metodologia da pesquisa	37
Tabela 2 – Informações: Casa 01	40
Tabela 3 – Informações: Casa 02	41
Tabela 4 – Informações: Casa 03	41
Tabela 5 – Informações: Casa 04	41
Tabela 6 – Informações: Casa 05	41
Tabela 7 – Informações: Casa 06	42
Tabela 8 – Informações: Casa 07	42
Tabela 9 – Informações: Casa 08	42
Tabela 10 – Informações: Casa 09	42
Tabela 11 – Informações: Casa 10	43
Tabela 12 – Informações: Casa 11	43
Tabela 13 – Informações: Casa 12	43
Tabela 14 – Informações: Casa 13	43
Tabela 15 – Informações: Casa 14	44
Tabela 16 – Informações: Casa 15	44
Tabela 17 – Informações: Casa 16	44
Tabela 18 – Informações: Casa 17	44
Tabela 19 – Informações: Casa 18	45
Tabela 20 – Informações: Casa 19	45
Tabela 21 – Informações: Casa 20	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperatura: 09h as 11h	46
Gráfico 2 – Umidade: 09h as 11h.....	47
Gráfico 3 – Temperatura: 17h as 19h	47
Gráfico 4 – Umidade: 17h as 19h.....	48
Gráfico 5 – Conforto térmico nas residências	49
Gráfico 6 – Variação da temperatura.....	50
Gráfico 7 – Satisfação quanto ao material de construção.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Iracema/CE, Brasil	38
Figura 2 – Zonas Bioclimáticas do Brasil	38
Figura 3 – Edificações visitadas na cidade de Iracema/CE	40
Figura 4 – Casa 1 (C 01).....	40
Figura 5 – Casa 2 (C 02).....	41
Figura 6 – Casa 3 (C 03).....	41
Figura 7 – Casa 4 (C 04).....	41
Figura 8 – Casa 5 (C 05).....	41
Figura 9 – Casa 6 (C 06).....	42
Figura 10 – Casa 7 (C 07).....	42
Figura 11 – Casa 8 (C 08).....	42
Figura 12 – Casa 9 (C 09).....	42
Figura 13 – Casa 10 (C 10).....	43
Figura 14 – Casa 11 (C 11).....	43
Figura 15 – Casa 12 (C 12).....	43
Figura 16 – Casa 13 (C 13).....	43
Figura 17 – Casa 14 (C 14).....	44
Figura 18 – Casa 15 (C 15).....	44
Figura 19 – Casa 16 (C 16).....	44
Figura 20 – Casa 17 (C 17).....	44
Figura 21 – Casa 18 (C 18).....	45
Figura 22 – Casa 19 (C 19).....	45
Figura 23 – Casa 20 (C 20).....	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL.....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. PROBLEMATIZAÇÃO	15
4. JUSTIFICATIVA.....	16
5. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
5.1. EDIFICAÇÃO E MEIO AMBIENTE.....	18
5.2. CONFORTO TÉRMICO.....	21
5.3. ALVENARIA EM TERRA CRUA.....	25
5.3.1. Histórico	26
5.3.2. Métodos construtivos	27
5.3.3. Vantagens e Desvantagens.....	28
5.3.4. Desempenho térmico	30
5.4. ALVENARIA EM BLOCOS CERÂMICOS.....	31
5.4.1. Histórico	31
5.4.2. Métodos construtivos	32
5.4.3. Vantagens e desvantagens.....	33
5.4.4. Desempenho térmico	35
6. METODOLOGIA	37
6.1. METODOLOGIA ADOTADA PARA A PESQUISA	37
6.2. PESQUISA DE CAMPO	37
6.2.1. Caracterização da área de estudo	37
6.2.2. Visita <i>in loco</i>.....	39
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
7.1. EDIFICAÇÕES VISITADAS	40
7.1.1. Registro fotográfico, verificação da temperatura e umidade.....	40
7.1.2. Análise dos dados.....	45
7.2. ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO	49
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

As condições habitacionais de uma população são um dos aspectos mais importantes no que se refere à sua qualidade de vida. A realidade existente tanto a nível nacional como a nível mundial é o déficit habitacional, isto é, uma significativa quantidade de cidadãos que não possuem moradia adequada.

De acordo com dados do IBGE, atualmente o déficit de moradias atinge 21% da população brasileira. Sendo que, de acordo com a pesquisa “Déficit Habitacional Municipal no Brasil 2010, da fundação João Pinheiro em parceria com o Ministério das Cidades, 70% do déficit nacional está concentrado nas regiões Nordeste e Sudeste (BENEVIDES, 2014).

Diante o exposto, uma alternativa coerente e viável é a utilização de materiais que apresentem baixo custo de montagem e manutenção, sendo possível seu consumo pela população local. Segundo Minke (2005), nos países em desenvolvimento não foi possível resolver os problemas relacionados há habitações por meio dos materiais industrializados; visto que não existe capacidade produtiva e financeira para satisfazer tal demanda.

Entre os materiais de construção mais utilizados atualmente no Brasil estão: os blocos cerâmicos, blocos estruturais, tijolos à base de terra, paredes de concreto moldadas in loco, entre outras. Sendo que destas, as técnicas mais utilizadas na região Nordeste são: alvenaria com blocos cerâmicos ou com tijolos à base de terra.

Entretanto, de acordo com Moreira (2009), a terra crua é um dos recursos mais antigos e mais amplamente utilizados pelo Homem. Suas propriedades são consideradas favoráveis em relação ao conforto térmico, durabilidade e versatilidade. Além de ser um material abundante na natureza e de fácil obtenção, proporciona ainda a economia de energia em seu processo produtivo.

Segundo Matos (2012), dentre os materiais e tecnologias ditos não convencionais, a terra crua tem lugar de destaque devido às suas propriedades, técnicas construtivas e possibilidade de renovação. A construção com tijolos de terra é ideal no que se refere à questão de isolamento térmico, e produz menos emissões de gases nocivos à natureza quando comparados a uma construção normal (HOMETEKA, 2014).

Conforme Jalali e Eires (2008), termicamente, a terra crua apresenta desempenho superior ao de muitos outros tipos de materiais, visto que suas propriedades hidrotérmicas permitem que a edificação respire, sem causar condensações, ocasionando ainda outros benefícios como a economia de energia em aquecimento ou arrefecimento. Isto é, as

propriedades do barro garantem o conforto térmico tanto no verão, quanto no inverno, visto que a umidade é mantida nos níveis ideais.

Além disso, as construções em terra crua representam um patrimônio histórico e cultural de grande importância e que deve ser preservado. Conforme Moreira (2009), a terra traduz a identidade, a história, a cultura e a forma de vida de várias populações. É necessário preservar não apenas as edificações construídas com a técnica milenar da terra, mas principalmente o conhecimento a cerca desta.

Neste contexto, foi dada continuidade há pesquisas já iniciadas a cerca desta temática na cidade de Iracema/CE. Realizou-se um estudo de caso através de visitas, entrevistas e medições em moradias construídas com terra crua, a fim de um maior entendimento desta técnica, suas propriedades, vantagens e desvantagens, e principalmente do seu desempenho quanto ao conforto térmico.

Posteriormente, foram realizadas as mesmas verificações em residências construídas em alvenaria de blocos cerâmicos, possibilitando o comparativo de ambas às técnicas construtivas. Desta forma, é possível adquirir uma maior compreensão a respeito do comportamento térmico do material em estudo, bem como verificar seu desempenho em locais de climas quentes e de baixa umidade.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como principal finalidade analisar o desempenho térmico de edificações construídas em terra e compará-lo ao de construções com alvenaria de blocos cerâmicos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o conforto térmico em edificações em terra crua;
- Analisar o conforto térmico em edificações com blocos cerâmicos;
- Compreender as particularidades de cada alternativa;
- Verificar qual tecnologia apresenta melhor desempenho térmico.

3. PROBLEMATIZAÇÃO

Segundo Holanda (2006), o clima predominante no Nordeste brasileiro é o semi-árido; sendo este determinado por uma série de fatores como: temperatura, chuvas, umidade do ar, ventos e pressão atmosférica, os quais são condicionados por fatores como altitude, latitude, condições de relevo, vegetação e continentalidade.

De acordo com Silva (2017), o Nordeste é conhecido como a região das secas. Ainda segundo o autor, desde o período colonial até hoje os relatos e imagens sobre o semi-árido brasileiro, em sua maioria enfatizam paisagens naturais desoladoras e o flagelo social da população sertaneja nos períodos de seca.

Em relação à qualidade de vida da população, Silva (2017) ressalta que a seca, além de ser um problema climático, é uma situação que gera dificuldades sociais para as pessoas que habitam a região. Isto explica o fato do grande déficit habitacional da região, destacado anteriormente. Desta forma, a seca provoca a falta de recursos econômicos, gerando fome e miséria ao sertão nordestino.

4. JUSTIFICATIVA

Como visto anteriormente, o Nordeste brasileiro é uma área que apresenta temperaturas elevadas quase todo o ano, com chuvas irregulares e em pouca quantidade; com umidade também muito baixa, tornando o clima seco (CAVALCANTI, 2017). Desta forma, torna-se de grande importância avaliar as condições térmicas quanto aos deferentes sistemas construtivos disponíveis na região, a fim de demonstrar qual a melhor técnica que se adapta a realidade da cidade de Iracema/CE.

Conforme Morel et al. (2013), um dos principais motivos de se utilizar a terra como material construtivo é o seu papel no controle de umidade e qualidade do ar interior. Segundo Minke (2005), em quase todos os climas quentes, a terra tem sido o material de construção predominante. Deste modo, sendo a área de estudo localizada em uma das regiões de clima mais quente e seco do país, torna-se viável a utilização de um material construtivo que proporcione maior conforto térmico.

Segundo a empresa BioHabitat (2017), as edificações em terra são extremamente saudáveis, seguras, duráveis e com alto padrão de sustentabilidade; podendo-se destacar como umas das principais vantagens o seu desempenho térmico. O autor ressalta que o conforto térmico das construções em terra ultrapassa cerca de 30% as coberturas tradicionais; sua qualidade higroscópica permite uma permeabilidade seletiva, ou seja, há otimização da troca de gases e dispersão da umidade; além da baixa variação de temperatura no interior das edificações.

Neste sentido, Sandoval e Guerra (2013) apontam que, as paredes de terra têm um comportamento satisfatório no que se refere à umidade do ar na área interna, com base na absorvidade e respirabilidade da parede, se adaptando perfeitamente a climas quentes e secos – como a área em estudo. O terreno tem grande capacidade de absorver o vapor de água no interior da construção e transferi-lo de acordo com a umidade interna, de modo que o ar interior é mantido com um nível constante e ideal de umidade, pois a terra absorve e regula defeitos em excesso.

Segundo Silva (2015), a terra crua apresenta desempenho térmico e durabilidade superior ao de muitos outros tipos de materiais. Estas, e outras características vantajosas das construções com terra, foram ressaltadas pelos moradores da cidade de Iracema/CE durante as entrevistas: “A casa é arejada e fria. Acho muito melhor essas paredes desse tijolo do que do tijolo bloco, até porque elas têm mais segurança”.

De acordo com Silva (2000), as construções em terra crua têm a capacidade de manter constante a temperatura interna das casas, independente da temperatura externa está alta ou baixa. A condutibilidade térmica das paredes de terra crua é tal, que corresponde à metade da condutibilidade das paredes feitas de tijolo cozido.

Conforme Targal e Jalali (2011), a terra possui características interessantes quanto à sua alta inércia térmica; ocasionando as construções uma grande vantagem que a torna extremamente competitiva em comparação com materiais convencionais e demais técnicas de construções.

Para Sandoval e Guerra (2013), a inércia da terra que compõe a parede atenua ganhos e perdas de temperatura no interior da habitação. O autor explica que no inverno a temperatura no exterior da residência é baixa, então a temperatura interna (gerada pelo aquecimento e radiação solar direta) é armazenada no revestimento devido sua alta inércia (nas paredes e pisos), e é transferido para o ambiente interno com a diminuição da temperatura, mantendo o ambiente mais confortável termicamente; ou seja, a temperatura interna não depende na temperatura externa. Analogamente ocorre o inverso no verão, isto é, a alta temperatura externa aquece a parede, mas a transferência de calor é controlada.

Segundo Rodrigues (2005), este tipo de construção apresenta propriedades hidrotérmicas que contribuem para a regularização do conforto térmico e para a exploração de mecanismos com bom funcionamento bioclimático, devido à elevada inércia térmica apresentada e ainda as boas características relativas ao isolamento acústico e sons aéreos.

Em relação ao custo-benefício das construções em terra, Sandoval e Guerra (2013) afirmam que o custo econômico deste material pode ser mais do que competitivo com os sistemas construção convencional; proporcionando altos rendimentos de trabalho que superam os rendimentos de outros tipos de paredes. Ainda de acordo com os autores, a reavaliação dos materiais existentes no lugar nos aproxima de uma gestão eficiente do nosso território (reduzido consumo de energia) e auto-suficiente ao passo que reduz a dependência de materiais, energia e geração resíduos de outros territórios, uma vez que uma economia local é promovido a escala humana.

Para Rodrigues (2005), do ponto de vista econômico esta técnica construtiva deverá ser comparável (ou até mais econômica, quando atingidos determinados níveis de otimização dos recursos) com tecnologias alternativas, e não requer mobilização financeira de maior porte pois pode funcionar com uma infraestrutura de produção relativamente rápida. O autor afirma ainda que em muitas regiões do mundo as construções em terra crua apresentam-se como solução no sentido de dotar cada indivíduo (cada família) ao seu direito de habitação.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

5.1. EDIFICAÇÃO E MEIO AMBIENTE

O setor da construção civil consome matéria-prima em abundância e ocasiona uma grande quantidade de resíduos, interferindo diretamente no ambiente. Segundo Veronezzi (2017), cerca de 35% de todos os materiais extraídos na natureza anualmente (madeira, metais, areia, pedras, entre outros) são utilizados pela construção civil.

De acordo com Mendes (2007), a indústria da construção é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais. Ainda segundo o autor, estima-se internacionalmente que entre 40% e 75% dos recursos naturais existentes são consumidos por esse setor, resultando assim em uma enorme geração de resíduos; e só no Brasil, a construção gera cerca de 25% do total de resíduos da indústria.

Para Spadotto et al. (2011), a construção civil é responsável por vários reflexos negativos em uma construção, desde o local e região onde se instala a obra, até os causados por suas atividades direta ou indiretamente – desde a fabricação do cimento e o transporte de materiais até a formação de um lago por uma barragem ou alteração de uma área por terraplanagem; esses “reflexos” são de cunho ambiental, social e econômico.

De acordo com Rios (2014), o impacto causado pelo por este setor envolve consumo de recursos e cargas ambientais causadas principalmente pelo uso indiscriminado de energia, geração e disposição inadequada de entulhos; sendo estes últimos, característicos de um contexto cultural que insiste em desconhecer os impactos da sua disposição clandestina e os benefícios de uma gestão adequada.

Segundo Spadotto et al. (2011), obras de grande porte podem causar impactos que afetam diretamente o ecossistema, podendo alterá-lo drasticamente ou até provocar sua extinção (por meio de inundação de grandes áreas, corte de vegetações, impermeabilização do solo e a sua fase de construção que acaba gerando ruídos, resíduos, entre outros).

Neste contexto, define-se como impacto ambiental "qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais de uma organização" (RIOS, 2014).

De acordo com Cardoso, Fiorani e Degani (2006), tais impactos causados pelos canteiros de obras podem ser separados em dois grupos: o primeiro refere-se às perdas por entulho e à geração de resíduos por esta ou qualquer outra razão; o segundo diz respeito às

interferências na vizinhança da obra e nos meios físico, biótico e antrópico do local onde a construção é edificada.

Ao longo de uma construção a quantidade de entulho gerada é grande, e na maioria das vezes esse desperdício acontece com recursos naturais, não renováveis e de grande relevância. Praticamente todas as atividades desenvolvidas no setor da construção civil são geradoras de entulho (RESENDE, 2015).

De acordo com Vechi, Gallardo e Teixeira (2006), uma obra é composta por diversas etapas, sendo estas relacionadas diretamente com o ambiente no qual está inserida. Ainda segundo os autores, estas etapas variam desde a supressão vegetal, movimentação do solo na fase de terraplenagem, consumo de recursos naturais para execução dos elementos de concreto, geração de resíduos associados a diversas atividades, até as atividades finais de acabamento. Deste modo, os aspectos ambientais associados às obras devem ser gerenciados com o objetivo de minimizar os impactos ambientais negativos.

Os autores ainda mencionam que, este mercado considerado como um setor economicamente estratégico e deflagrador de degradação ambiental e poluição, deverá enfrentar grandes obstáculos se não responder às novas perspectivas de regulamentações ambientais em face de um mercado cada vez mais competitivo.

De acordo com a CBIC (2017), as mudanças climáticas e a escassez de recursos naturais exigem novas formas de organização empresarial e política; e o modelo a ser buscado pelo setor é o do desenvolvimento humano, da inovação tecnológica e do uso e reuso equilibrado de recursos disponíveis.

A ideia de sustentabilidade impulsiona a inovação, estimula a busca por novas tecnologias e promove o surgimento de novos nichos de mercado (CBIC, 2017). A utilização dessa nova visão de sustentabilidade permite ao gestor tornar-se um comandante dos processos, melhorando de forma significativa a qualidade de seus empreendimentos, tanto ao nível social e econômico quanto ambiental (ASSIS; COLOMBINI, 2017).

Diante o exposto, algumas medidas podem ser tomadas de forma a evitar ou minimizar os impactos gerados por construções; há soluções que apesar de serem simples e práticas podem trazer grandes benefícios ao meio (SPADOTTO ET AL., 2011). Neste caso, com a escassez dos recursos naturais é necessário a utilização de materiais que causem menor impacto ambiental.

Os materiais sustentáveis reforçam a idéia do desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que ele se mantenha no futuro. Segundo Matos (2012), dentre os materiais e tecnologias ditos não

convencionais, a terra crua tem lugar de destaque devido às suas propriedades, técnicas construtivas e possibilidade de renovação.

De acordo com Carvalho e Lopes (2012), o desenvolvimento sustentável consiste no equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental. Para se alcançar esse nível de desenvolvimento, é fundamental a contribuição de várias áreas do conhecimento.

Conforme Motta e Aguilar (2009), a busca pela manutenção e melhoria na qualidade de vida, deve vir acompanhada de soluções de maior eficiência no uso dos recursos naturais, de menor impacto ambiental e de justiça social, pautados por valores éticos. A sociedade busca um novo modelo de desenvolvimento que responda a estas questões, um novo paradigma definido como desenvolvimento sustentável.

Segundo Tsai (2013), tendo em vista a importância das edificações e como ela é extremamente essencial ao homem, mas também como está ligada diretamente a grandes impactos no planeta, é que se propôs construir, porém de modo sustentável, melhorando a consciência ambiental da população e a reaproximando da natureza.

A utilização intensiva e extensiva de recursos naturais para a produção de materiais e produtos para suprir as necessidades humanas tem-se incrementado acentuadamente nas últimas décadas, em especial na construção civil, setor que utiliza grande quantidade tanto de matéria-prima, quanto de recursos financeiros (ISAIA, 2007).

Diante disso, conforme Isaia (2007), diversos setores da indústria da construção têm buscado desenvolver projetos e utilizar materiais mais sustentáveis, além de usar maior quantidade de resíduos e de materiais e produtos reciclados.

Dessa forma Tsai (2013), afirma que uma construção realmente sustentável é aquela que se preocupa com todos os processos que compõe o erguimento da obra, incluindo a qualidade de vida dentro e fora do edifício, conciliando o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, e levando em consideração os aspectos sociais. Ainda segundo o autor, uma construção sustentável eficiente está diretamente relacionada ao método que foi construída e o seu impacto no meio em que está inserida.

O autor ainda menciona que, optar pela construção sustentável implica em tornar a construção civil uma atividade menos impactante ao meio ambiente, e para isso, se desenvolve projetos que usam os recursos naturais, porém racionalmente e sem deixar de atender as necessidades humanas.

Assim, alguns materiais ou algumas técnicas utilizadas pelo homem há milênios foram reintroduzidas na execução de algumas construções com o intuito de economizarem-se

recursos de qualquer fonte e contribuir-se, assim, para a sustentabilidade de nossos ecossistemas (ISAIA, 2007).

Segundo Spadotto et al. (2011), é necessário refletir cada vez mais e repensar as técnicas utilizadas, avaliando os problemas que qualquer obra ou empreendimento e a sua posterior ocupação podem causar no local de implantação, levando em consideração os valores éticos e morais em relação a qualquer tipo de ser vivo ali presente que pode ser afetado.

5.2. CONFORTO TÉRMICO

De acordo com Duarte (2016), o conceito de conforto térmico se refere ao estado mental do indivíduo, e expressa à satisfação do mesmo com o ambiente térmico que o circunda. Já a não satisfação térmica, pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente (LAMBERTS, 2017).

Conforme A. D. (2017), para se sentirem confortáveis no locais em que convivem, as pessoas optam por condições que lhes sejam mais favoráveis: seja à procura de sombra, ora o sol ou o vento; ou tendem-se a proteger destes elementos, seja através da escolha do local, das atividades que praticam ou desempenham, ou através da vestimenta apropriada que usam.

Para Fischer (2017), o homem é um ser homotérmico, que pode manter relativamente constante a temperatura corporal interna (dentro de certos limites); desde que haja uma permanente e imediata eliminação do excesso de calor produzido por seu metabolismo para que a temperatura do corpo possa ser mantida constante.

As exigências humanas de conforto térmico estão relacionadas com o funcionamento de seu organismo, cujo mecanismo, complexo, pode ser, grosso modo, comparado a uma máquina térmica que produz calor segundo sua atividade (FROTA; SCHIFFER, 2006). Ainda conforme as autoras, o homem precisa liberar calor em quantidade suficiente para que sua temperatura interna se mantenha da ordem de 37°C (homeotermia).

Segundo Duarte (2016), conforto térmico no que se refere à sensação humana, está situado no campo subjetivo e depende de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. De acordo com o autor:

“Os fatores físicos determinam as trocas de calor do corpo com o meio; já os fatores fisiológicos referem-se a alterações na resposta fisiológica do organismo, resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica; e finalmente os fatores psicológicos, que são aqueles que se

relacionam às diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais, frutos da experiência passada e da expectativa do indivíduo”.

Para A. D. (2017), existem estudos que revelam que as temperaturas que as pessoas preferem e consideram confortáveis, variam mais do que se imagina. Ainda de acordo com o autor, pessoas habituadas a temperaturas de clima quente consideram temperaturas mais elevadas como aceitáveis, e isto sinaliza que existem graus de aclimação que alteram a amplitude do leque de abrangência teórica do conforto térmico e da aceitabilidade.

As sensações são subjetivas, isto é, dependem das pessoas, portanto um certo ambiente considerado confortável termicamente para uma pessoa pode ser frio ou quente para outra (FISCHER, 2017). Ainda conforme a autora, este fato é o que chamamos de condições ambientais de conforto; sendo que estas variam de acordo com o bem-estar do maior número de pessoas possível.

Duarte (2016), afirma que a importância do estudo de conforto térmico está baseada principalmente em três fatores: a satisfação do ser humano; a sua produtividade; e a conservação de energia.

“A satisfação do homem permitindo-lhe se sentir termicamente confortável. A performance humana no que se refere as atividades intelectuais, manuais e perceptivas, geralmente apresentam um melhor rendimento quando realizadas em conforto térmico. A conservação de energia ao conhecer as condições e os parâmetros relativos ao conforto térmico dos ocupantes do ambiente, evitam-se desperdícios com aquecimento e refrigeração, muitas vezes desnecessários” (LAMBERTS, 2017).

Ainda segundo Duarte (2016), os estudos relacionados ao conforto térmico visam principalmente analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupação humanas, bem como estabelecer métodos e princípios para uma detalhada análise térmica de um ambiente.

Para Duarte (2016), o corpo humano é um sistema termodinâmico, e como tal produz calor e interage continuamente com o ambiente a fim de alcançar o balanço térmico, e para tanto, existe uma constante troca de calor entre o corpo e o meio, regida pelas leis da física e influenciada pelos mecanismos de adaptação fisiológica, condições ambientais e fatores individuais.

A sensação de conforto térmico está diretamente relacionada ao esforço realizado pelo organismo para manter o balanço térmico e assim sendo, se faz necessário conhecer a termorregulação humana e o balanço térmico do corpo humano (DUARTE, 2016). Neste sentido, o autor explica que os mecanismos de termorregulação que ocorrem são:

“Reação ao calor: Com o verão existem dificuldades para eliminar o calor devido à alta temperatura do meio. Desta forma, origina-se a vasodilatação. Esta aumenta o volume de sangue, acelerando o ritmo cardíaco e provocando a transpiração. Reação ao frio: Com o frio existem as dificuldades para manter o calor devido à baixa temperatura do meio. Desta forma origina-se a vasoconstrição. Esta provoca a diminuição do volume de sangue e do ritmo cardíaco. O arrepio e o tiritar provocam atividade, gerando calor”.

A termorregulação, apesar de ser um meio natural de controlar perdas de calor pelo organismo, representa um esforço extra e, conseqüentemente, uma queda de potencial de trabalho (FROTA; SCHIFFER, 2006). Deste modo, as autoras explicam que o organismo humano experimenta a sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a termorregulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade.

Segundo Lamberts (2017), a quantidade de calor liberado pelo organismo é função da atividade desenvolvida. Para o autor, este calor será dissipado através de mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente envolvendo: trocas secas (condução, convecção, radiação) e trocas úmidas (evaporação).

Para Fischer (2017), à medida que a temperatura do meio se eleva, dificultando as perdas por convecção e radiação, o organismo aumenta sua eliminação por evaporação; sendo que a umidade e a velocidade do ar são fatores que intervêm na perda de calor por evaporação. Ainda de acordo a autora, quanto menor a umidade relativa do ar, maior a taxa de evaporação do suor; e quanto menor a taxa de evaporação do suor, mais o corpo é resfriado.

O calor perdido para o ambiente através das trocas secas é denominado calor sensível e é função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente (DUARTE, 2016). Ainda segundo o autor, o calor perdido através das trocas úmidas é denominado calor latente e envolve mudanças de fase – o suor (líquido) passa para o estado gasoso através da evaporação.

Quanto às variáveis de conforto térmico, Lamberts (2017) as divide em variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante media, velocidade do ar, umidade relativa do ar), e variáveis humanas (metabolismo gerado pela atividade física, resistência térmica devido à vestimenta). Sendo que a temperatura do ar é a principal variável do conforto térmico (DUARTE, 2016). Além disso, variáveis como sexo, idade, raça, hábitos alimentares, peso, altura, entre outros, podem exercer influência nas condições de conforto de cada pessoa e devem ser consideradas (LAMBERTS, 2017).

Entretanto, durante as medições das condições térmicas em interiores, é importante lembrar que o homem não sente a temperatura ambiente, ele sente a perda de calor do corpo (FISCHER, 2017).

A definição de conforto térmico pode ainda ser ampliada, levando em conta a capacidade de adaptação das pessoas como também dos edifícios (LAMBERTS, 2017). Segundo A. D. (2017), uma casa ou qualquer edificação, quanto à função de abrigo, deve proteger o homem quanto às intempéries do meio ambiente; proporcionando conforto, independentemente de como estão às condições do meio ambiente ao relento, ou seja, no exterior.

A casa ou edificação deve criar condições internas para que o habitante se sinta não somente protegido do sol e da chuva, da umidade do solo, do vento e do frio; mas possa estar em condições de conforto térmico em seu interior (A. D., 2017).

Segundo Frota e Schiffer (2006), o indivíduo tem melhor qualidade de vida quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive relacionados ao conforto térmico. Para as autoras, a edificação deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior da edificação, seja quais forem as condições climáticas externas.

Adequar a arquitetura ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilitem ao homem condições de conforto (FROTA; SCHIFFER, 2006). Para as autoras, é função da arquitetura tanto amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, tais como os de excessivo calor, frio ou ventos, como também propiciar ambientes que sejam, no mínimo, tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos.

Ainda de acordo com Frota e Schiffer (2006), para a obtenção de uma edificação adequada ao clima, tendo em vista o conhecimento das necessidades humanas relativas ao conforto térmico, pode ser adotado o seguinte encaminhamento:

- Conhecimento do clima local – principalmente no que se refere às variáveis de que é função o conforto térmico;
- Obtenção dos dados climáticos para o projeto do ambiente térmico;
- Adoção de partido arquitetônico cujas características sejam adequadas ao clima e às funções do edifício;
- Tomada de decisões do projeto quanto às suas especificidades (é necessário que seja efetuada uma avaliação quantitativa do desempenho térmico que o edifício poderá ter).

Diante o exposto, Duarte (2016) afirma que a utilização de componentes construtivos com inércia térmica (capacidade térmica) superior, faz com que a amplitude da temperatura interior diminua em relação à exterior, ou seja, os picos de temperatura verificados externamente não serão percebidos internamente.

Neste sentido, componentes construtivos com elevada capacidade térmica são indicados para climas quentes e seco onde a temperatura atinge valores muito altos durante o dia e extremamente baixos durante a noite (DUARTE, 2016). Ainda segundo o autor, a capacidade térmica do componente permite o atraso da onda de calor fazendo com que este calor incida no ambiente interno apenas no período da noite, quando existe a necessidade de aquecimento.

De acordo com Frota e Schiffer (2006), o conhecimento das exigências humanas de conforto térmico e do clima, associado ao das características térmicas dos materiais, proporciona condições para projetar ambientes que atendam o desempenho desejado.

No Brasil o desempenho térmico das edificações é analisado de acordo com a NRB 15.575. Segundo Santos et al. (2015), a norma denominada de “Edificações habitacionais – Desempenho” é um conjunto de normas organizadas em seis partes; e a mesma se preocupa com a edificação como um todo, estabelecendo critérios e métodos de avaliação de desempenho para os principais sistemas que compõem um edifício. Ainda conforme os autores, esse conjunto de normas é abrangente e define requisitos de desempenho que se aplicam ao edifício habitacional através de critérios de segurança, habitabilidade, higiene, saúde, durabilidade e adequação ambiental, considerando as necessidades dos usuários e as condições de exposição da edificação ao longo de sua vida útil mínima obrigatória.

De acordo com Santos et al. (2015), a NBR 15575-4 estabelece a possibilidade de avaliação do desempenho térmico por três métodos: um método simplificado – em que os parâmetros térmicos dos fechamentos são comparados com valores limites estabelecidos pela norma; o método de medições e o método por simulação computacional – nos quais o critério de avaliação é a comparação entre os valores medidos ou simulados de temperatura interna e externa máximos no verão e mínimos no inverno.

5.3. ALVENARIA EM TERRA CRUA

5.3.1. Histórico

A terra é um material de construção tão antigo como a própria humanidade. É à base de alguns dos monumentos e conjuntos arquitetônicos mais valiosos e interessantes do mundo (GONÇALVES; GOMES, 2012).

Não é consensual a data em que o homem começou a utilizar a terra na construção. Estimasse que há mais de 9.000 anos. Naturalmente, os primeiros materiais a serem utilizados foram àqueles disponíveis na natureza, como madeira, pedra, palha e a terra. Grandes obras foram feitas utilizando apenas estes materiais, e estas resistem até os dias de hoje (MATOS, 2012).

De acordo com Ibáñez (2011), a terra é um material de construção que foi usado por mais de 11.000 anos – a cidade de Jericó, Mesopotâmia Ziggurats, Atenas, a Grande Muralha da China e as cidades andinas, são exemplos históricos do uso da terra como material de construção em todo o mundo. Segundo o autor, atualmente estima-se que mais de 30% da população do mundo vive em casas construídas usando sistemas de solo, 50% dos quais representam países do terceiro mundo.

Para Carvalho e Lopes (2012), a terra crua vem sendo usada para a construção há milênios e têm demonstrado sua relevância e durabilidade, através de exemplos construídos sob diversas técnicas nos mais diferentes recantos do planeta, persistindo até nossos dias e desafiando as intempéries e o próprio tempo.

Conforme Carvalho et al.. (2008), no continente africano, tanto em relação ao contexto histórico como no que diz respeito ao panorama atual, o continente também é rico em edificações de terra. Para a autora, este fato reforça a ideia que este tipo de construção, além das vantagens citadas anteriormente, também está associado à construção de baixo custo.

Praticamente todas as antigas civilizações trabalharam inicialmente suas edificações com a terra. Grandes obras feitas utilizando apenas este material e resistem até os dias atuais; um exemplo é a pirâmide de Uxmal, no México, construída entre os séculos VI e X, uma grande estrutura construída em terra (MATOS, 2012).

No Brasil, as construções em terra crua chegaram através dos colonizadores europeus e, mais tarde, pelos africanos. Entretanto, os índios não utilizavam esse material para a construção de suas casas. Em lugar da terra e da pedra, materiais de origem mineral, utilizavam materiais de origem vegetal, como a madeira e a palha (SILVA, 2000).

De acordo com Silva (2000), a presença dos colonizadores europeus transformou radicalmente não só o espaço doméstico, como também o sentido de ocupação espacial dos

índios. Desta forma, assim como o espaço, o sistema construtivo também sofreu transformação. Tanto o sistema utilizado pelos índios, quanto o que foi trazido pelos colonizadores modificaram-se aqui, sofrendo uma influência mútua, e traduzindo-se em algo que o historiador Ivan Alves Filho (1978) chamou de “a primeira grande manifestação cultural mestiça do Brasil”, ou seja, a casa de taipa brasileira.

Para Barbosa, Mattone e Mesbah (2015), a grande maioria das construções com terra ainda existentes no Brasil são exemplos de tecnologia perdida. Segundo o autor, este material é visto como “material de pobre” devido ao seu uso incorreto, resultando em construções de má qualidade e péssimo aspecto.

Após a década de 1950, e principalmente, nos últimos anos, o interesse da arquitetura em terra ressurge sobre as questões ambientais reais do mundo. Desta forma, as novas tecnologias parecem melhorar a durabilidade da arquitetura em terra (EIRES; CAMÕES; JALALI, 2013).

Pode-se notar um crescente interesse por construções ambientalmente sustentáveis, e também pela necessidade em minimizar o déficit habitacional, em todo o mundo, deste modo às técnicas de construção com terra vêm sendo resgatadas (BORGES; COLOMBO, 2009).

5.3.2. Métodos construtivos

Segundo Barbosa e Ghavami (2007), existem inúmeras técnicas de edificações em terra no mundo inteiro, divididas basicamente em três grupos: alvenaria, monolíticas e mistas. Ainda segundo os autores, os tipos de construções com terra crua que se destacam no Brasil são: taipa – que pode ser taipa de pilão (monolítica) ou taipa de mão (mista); adobe (alvenaria); blocos de terra comprimidos ou tijolos prensados de terra crua (alvenaria). Algumas destas técnicas foram aperfeiçoadas e adaptadas às necessidades da vida moderna, como é o caso dos tijolos estabilizados com cimento ou cal, chamados “solo-cimento” e “solo-cal” (SILVA, 2000).

A taipa é uma técnica de construção monolítica com aplicação de um solo mais seco, de consistência de terra úmida, compactado entre taipais (tradicionalmente tábuas de madeira); por essa razão, esta técnica se encontra com maior frequência onde a água não é abundante (JALALI; EIRES, 2008).

Existe ainda outro tipo de construção com o uso da taipa, é a taipa de mão, conhecida ainda como pau-a-pique, pescoção, tapona, sopapo, taipa de sebe, entre outros, variando conforme as diferentes regiões do país (SILVA, 2000).

Em relação ao adobe, para Jalali e Eires (2008), é um dos sistemas mais comuns, talvez pela sua facilidade de fabricação, e é utilizado em locais onde é possível encontrar água, uma vez que é necessário um solo plástico e argiloso. Segundo os autores, a fabricação consiste na moldagem de pequenos blocos, utilizando moldes em madeira, que são desmoldados ainda no estado fresco e colocados para secar à temperatura ambiente.

Quanto à técnica em Pães de barro, segundo Silva (2000), esta técnica foi muito utilizada na Europa do século XIX, sobretudo na Alemanha; este sistema sobreviveu e ainda hoje é usado nesse país e em alguns países da América do Sul. Para a autora, a técnica consiste em confeccionar grandes bisnagas de barro e colocá-las uma sobre a outra, formando as paredes.

Já em relação ao solo-cimento (ou bloco de terra comprimida), conforme Borges e Colombo (2009), como o próprio nome já diz o tijolo de solo-cimento é basicamente feito de terra e cimento – em uma proporção de nove partes de terra para uma parte de cimento. Para os autores, a técnica para este tipo de estrutura consiste em misturar a terra com cimento e água, sendo adicionada aos poucos, por que a massa não pode ser muito seca, nem muito molhada.

Contudo, para Gonçalves e Gomes (2012), as técnicas tradicionais baseadas no uso da terra crua são artesanais, visto que utilizam materiais disponíveis no próprio local da construção e recursos locais; e por essa razão, apresentam normalmente variações acentuadas de região para região, podendo mesmo haver diferenças significativas entre construções situadas em terrenos próximos.

5.3.3. Vantagens e Desvantagens

A construção em terra crua apresenta inúmeras potencialidades. Entre as mesmas, destaca-se sua grande relevância em aspectos relacionados à sustentabilidade nas edificações. Conforme Rodrigues (2007), quanto aos aspectos ecológicos, em termos de poluição e degradação do ambiente, a construção com terra oferece um cenário bastante positivo, pois não consome energias não renováveis, não necessita de transporte, não contribui para a degradação da paisagem nem para a redução dos recursos inertes, utiliza pouca água, não produz subprodutos e tem a vantagem de ser reciclável.

De acordo com Xaxá (2013), as inovações científicas e tecnológicas do último século melhoraram significativamente a construção em terra quanto à sua durabilidade, sua

economia, sustentabilidade e estética, mediante uso das atuais tecnologias e, de certa forma, respondendo à necessidade de maior rapidez na execução das construções.

Entretanto, como para todo e qualquer tipo de material, a terra crua apresenta vantagens e desvantagens em seu uso. Com relação às vantagens pode-se citar:

- Disponibilidade na natureza;
- Controle do ambiente, mantendo-o saudável;
- Propriedades térmicas favoráveis;
- Economia de energia em seu processo produtivo;
- Material de fácil obtenção;
- Sustentável (reincorporação na natureza).

Para Buson (2009), ao escolher um material de construção deve-se ter em consideração a sua qualidade e custo, bem como identificar quais as vantagens que o uso de tal componente pode trazer para a construção em termos de produtividade (redução de tempo de trabalho ou de mão-de-obra), de diminuição dos gastos com outros materiais, de redução de desperdícios, de resistência e durabilidade.

Em relação ao ambiente saudável, a terra crua absorve e libera a umidade se adaptando as modificações naturais do local. Barbosa e Ghavami (2007) exemplificam o controle de umidade relativa do ar nas edificações:

“Em um ambiente com 30 m² de paredes e 3 m de altura, quando a umidade subitamente passa de 50% para 80%, se forem de tijolos de terra crua, as paredes absorvem 9 litros de água em 48 h, ao passo que uma parede idêntica de tijolos cerâmicos só seria capaz de absorver 0,9 litros no mesmo período. Se ocorrer o contrário, a umidade relativa diminui, as paredes de terra liberam de volta a umidade ao ambiente”.

Conforme Jalali e Eires (2008), termicamente, a terra crua apresenta desempenho superior ao de muitos outros tipos de materiais, visto que suas propriedades hidrotérmicas permitem que a edificação respire, sem causar condensações, ocasionando ainda outros benefícios como a economia de energia em aquecimento ou arrefecimento. Isto é, as propriedades do barro garantem o conforto térmico tanto no verão, quanto no inverno, visto que a umidade é mantida nos níveis ideais.

Quanto à eficiência energética, a terra crua não recebe tratamentos térmicos como ocorre em outros tipos de materiais, tais como cimento, cal, cerâmica, aço, alumínio, entre outros, que exigem temperaturas altas em sua fabricação.

Outra grande vantagem relacionada a edificações, é que o material estudado é de fácil obtenção. Além disso, a produção de tijolos de terra crua pode ser feita manualmente; ao

contrário de outros tipos de tijolos em que a fabricação requer equipamentos caros e um processo centralizado, além de profissionais devidamente qualificados.

Segundo Lourenço, Brito e Branco (2002), em relação às desvantagens existentes, os principais fatores que limitam a utilização de terra em edificações são as patologias relacionadas à água e a estrutura. Para os autores, o princípio básico de construir em terra é evitar o contato entre as paredes e o solo, pois a terra, mesmo quando estabilizada com cimento, é suscetível a ação da água e diminui a sua capacidade de resistência; podendo ocorrer baixa resistência mecânica a compressão e a tração.

De acordo com Lourenço, Brito e Branco (2002), os problemas estruturais normalmente aparecem em decorrência de uma má concepção estrutural ou devido solicitações muito fortes, como: ações sísmicas, movimento da fundação, entre outros. Para os autores, em geral, as construções em terra terão que ter em conta, tanto no processo de concepção como no de construção, as suas limitações e fragilidades face aos esforços horizontais dos sismos e aos movimentos de translação, balanço, torção, e às deformações que sofrem simultaneamente.

5.3.4. Desempenho térmico

De acordo com Silva (2000), em relação ao conforto térmico as construções em terra crua têm a capacidade de manter constante a temperatura interna das casas, independente da temperatura externa está alta ou baixa. A condutibilidade térmica das paredes de terra crua é tal, que corresponde à metade da condutibilidade das paredes feitas de tijolo cozido. Segundo a autora, para obter o mesmo índice de isolamento térmico em paredes construídas com esses materiais é necessária uma espessura de, por exemplo, 9,5 cm para uma parede de tijolo de barro cru e 19,8 cm para uma parede de tijolo cozido.

Ainda de acordo com Silva (2000), as paredes transmitem e recebem calor do ambiente, de modo que a temperatura do ar no interior de ambientes fechados está diretamente relacionada às paredes deste ambiente. Ainda de acordo com a autora, o material do que são feitas as paredes e a capacidade de condução térmica que este material oferece, implica em uma grande influência nas condições de conforto térmico de um ambiente.

Por serem porosos, os tijolos de cerâmica vermelha não são bons condutores; e isso torna as edificações “frescas” no verão e “aquecidas” no inverno – essa talvez seja um dos principais motivos da grande utilização dos tijolos de argila (A., 2014). Neste sentido, a terra crua permite no inverno conservar o calor no interior da habitação, e no verão retém o ar

fresco no espaço interior; possibilitando assim uma infinidade de aplicações (CORREIA, 2006).

Em entrevista a Stringueto e Bis (2013), o arquiteto Gugu Costa, de São Paulo, coloca na marca do termômetro o prazer que essa característica da terra traz, ele relata: “A temperatura média de conforto para o corpo humano é de 22 a 28 graus. Uma casa de tijolo e telha cerâmica, no verão, amanhece com temperatura de 17 graus em seu interior e à noite pode chegar a 34 graus. Por isso, vai precisar de ar-condicionado – o que representa um gasto energético e financeiro. Já uma parede de terra crua fará com que essa casa, com o mesmo layout, acorde com 22 graus e durma com 28, o que é praticamente a temperatura de conforto do ser humano”.

Silva (2000) explica que o ser humano produz calor constantemente, isto ocorre devido ao metabolismo, e este calor produzido precisa ser liberado ao meio para que o organismo se mantenha em equilíbrio. A autora ressalta que essa liberação de calor deve se dar em níveis adequados, pois quando o indivíduo não consegue liberar o calor produzido em seu corpo, ou libera uma quantidade maior que o necessário, isto causa um grande desconforto. Para a autora, o conforto térmico está relacionado com a possibilidade de liberação do calor corporal, que o ambiente proporciona aos seus ocupantes.

De acordo com Rodrigues (2006), as construções em terra apresentam propriedades térmicas que contribuem para a regulação do conforto térmico e para a exploração de mecanismos com funcionamento bioclimático, devido à elevada inércia térmica apresentada e ainda às boas características relativamente ao isolamento acústico a sons aéreos, devido à massa associada às paredes resultantes

A capacidade de manter a temperatura interna agradável é uma característica que torna essa técnica mais atrativa, principalmente no Nordeste do Brasil onde as temperaturas são elevadas e a sensação térmica muito desagradável (ARAÚJO, 2009). Ainda segundo o autor, uma casa feita com tijolo cerâmico tem em seu ambiente interno uma sensação térmica mais desagradável do que uma feita de adobe.

5.4. ALVENARIA EM BLOCOS CERÂMICOS

5.4.1. Histórico

Segundo Costa (2010), os vestígios mais antigos de alvenaria cerâmica data cerca de 7500 a.C., e foram encontrados no Sudoeste de Anatólia, na Turquia. De acordo com a autora,

a partir de dados recolhidos nas descobertas arqueológicas, foi concluído que os tijolos cozidos foram inventados no terceiro milênio antes do nascimento de Cristo, no Oriente médio. A autora ressalta ainda que por volta de 1200 a.C., o fabrico de tijolos generalizou-se na Europa e na Ásia.

A alvenaria é um sistema construtivo cuja utilização remota no início da atividade humana (aproximadamente 4000 a. C.) na construção para vários fins; e até hoje existem obras que estão desafiando o tempo e representam verdadeiros monumentos com grande importância histórica e que utilizaram sistema de blocos (SANTOS, 2014).

Conforme Barbosa (2015), no Brasil, por volta do final da segunda década do século XX, até meados da década de sessenta, houve uma evolução do uso de concreto e a alvenaria de tijolos passou a ter apenas a função de vedação – sendo que essa técnica ainda é largamente utilizada até a atualidade.

De acordo com Santos (2014), os primeiros materiais de construção industrializados foram os tijolos, vindo a substituir o processo artesanal da taipa nas construções das paredes de edifício. O autor afirma que se tratando especificamente da alvenaria, essas transformações foram significativas, visto que a alvenaria de blocos cerâmicos, que eram empregadas como função estrutural para os edifícios mais baixos, de até três pavimentos, passa a desempenhar a única e exclusiva função de vedação, passando a ser aplicada, sobretudo, em edificações de múltiplos pavimentos, com estrutura de concreto armado. Deste modo, o conjunto estrutura de concreto armado aliado à alvenaria de vedação com blocos cerâmicos passou a ser o processo construtivo mais tradicional do país.

5.4.2. Métodos construtivos

Segundo Costa (2011), em geral a fabricação dos blocos cerâmicos consiste várias etapas:

- Seleção das materiais-prima;
- Definição em laboratório do produto que será produzido industrialmente;
- Preparação da matéria-prima;
- Britagem e moagem da matéria prima;
- Mistura e umidificação;
- Estrusão, corte e identificação das unidades;
- Secagem no início do forno;
- Queima no meio do forno em túnel;

➤ Paletização para expedição.

Sendo que destas, o processamento térmico é de fundamental importância para obtenção dos produtos cerâmicos, pois dele dependem o desenvolvimento das propriedades finais destes produtos (OLIVEIRA, 2011).

Em relação aos tipos de blocos, estes podem ser vazados (vedação ou estrutural) ou maciços (tijolos). E quanto às suas formas, Thomaz et al. (2009) explica que os mesmos podem ser dos tipos blocos e meios-blocos; sendo que existem ainda outros tipos de componentes cerâmicos complementares que integram as alvenarias de vedação, com funções específicas como a canaleta U, que permite a construção de cintas de amarração, vergas e contravergas, a canaleta J, os blocos de amarração, os compensadores e outros que podem ser especificados em projetos, desde que atendam aos requisitos de desempenho exigidos.

Yazigi (2009) enfatiza que os blocos podem ser fabricados em dimensões especiais mediante contrato por escrito entre produtor e construtora, desde que respeitadas às demais especificações contidas nas normas técnicas.

De acordo com Santos (2014), para a avaliação da conformidade dos blocos, além de uma inspeção geral (onde se verifica a correta identificação dos blocos, incluindo a marca do fabricante em cada peça, e as características visuais dos blocos), deve ser realizada inspeção por ensaios para determinação de suas características geométricas (valores das dimensões das faces, espessura das nervuras que formam os septos e das paredes externas do bloco, esquadro e planeza das faces), de sua caracterização física (índice de absorção de água) e sua caracterização mecânica (resistência à compressão).

5.4.3. Vantagens e desvantagens

Bem aceitos pelo mercado, os blocos cerâmicos são vistos como matéria-prima abundante no País, com capacidade de reduzir custos de obras quando utilizados adequadamente nos projetos (COSTA, 2011).

A alvenaria de blocos cerâmicos apresenta características muito importantes; entre suas vantagens estão:

- Precisão dimensional,
- Boa resistência à compressão,
- Isolamento térmico e acústico,
- Resistência ao fogo e à penetração da chuva,

- Flexibilidade para a estética.

Quanto à sua precisão dimensional, Oliveira (2011) ressalta que as dimensões dos blocos visam a modularidade de 10 cm, considerando 1 cm de junta; sendo os limites de tolerância estabelecidos de acordo com a norma 15270-2/2005.

Em relação à resistência à compressão, a resistência do bloco depende das matérias-primas utilizadas na fabricação do bloco assim como do processo de queima. Segundo Barbosa (2015), o bloco cerâmico vazado apresenta resistência mecânica entre 1,5 e 2,0 MPa; o que implica em uma boa característica mecânica do material.

Entretanto, a alvenaria tem bom comportamento à compressão, porém fraca resistência aos esforços de tração (KALIL, 2017). Ainda segundo o autor, a resistência das alvenarias à tração na direção vertical depende da aderência da argamassa à superfície dos tijolos.

No que se referem ao isolamento térmico e acústico, estes fatores estão relacionados à porosidade do material. De acordo com Salema (2014), esta análise está interligada com a dimensão e o formato dos poros que estão presentes nos blocos, desenvolvendo assim diferentes pressões de vapor em seu interior e em contato com o meio ambiente. Neste caso, a autora conclui que os blocos cerâmicos têm menores teores de umidade de equilíbrio e por isso apresentam um comportamento considerado satisfatório e até superior ao de outros materiais, como o bloco de concreto.

Quanto à resistência ao fogo, Salema (2014) afirma que o bloco cerâmico pode ser considerado uma excelente barreira térmica no que se refere ao comportamento estrutural em caso de incêndio. Segundo a autora, os materiais cerâmicos de barro vermelho, quando cozidos a temperaturas adequadas (em torno de 1000°C), apresentarão uma melhoria significativa em sua resistência mecânica e, conseqüentemente, sua não degradação.

Esta técnica é também considerada satisfatória esteticamente, pois conforme Costa (2011), suas diversas peças oferecem liberdade e flexibilidade nas plantas dos ambientes, atendendo a construções de baixo, médio e alto padrão.

Entretanto, como já citado anteriormente, esta técnica não é considerada sustentável uma vez que contribui com a emissão de gases nocivos ao ambiente – visto que se faz necessário o cozimento do bloco, e aumenta significativamente os resíduos não reaproveitados.

De acordo com entrevistas realizadas em indústrias produtoras de blocos cerâmicos, Stachera Junior e Casagrande Junior (2006) afirmam que das seis indústrias entrevistadas, cinco delas afirmaram que produzem resíduos – principalmente devido à quebra dos produtos

cerâmicos. Ainda de acordo com os autores, todas as indústrias emitem gases causadores do efeito estufa na fabricação do tijolo, principalmente o CO₂.

Segundo Stachera Jr e Casagrande Jr (2006), há ainda a preocupação quanto à energia utilizada durante o processo de fabricação:

“A fonte energética mais utilizada no processo de produção pelas Indústrias são as madeiras brutas nativas ou cascas de árvore. A indústria de cerâmica vermelha no Brasil consome 21% a menos que a indústria do cimento, considerada uma das indústrias com maior consumo energético do setor industrial. No Estado de Santa Catarina, segundo o Relatório Parcial I/IV do Centro de Tecnologia, Engenharia Sanitária-Ambiental da UFSC (2002), o setor de cerâmica tem um consumo estimado em torno de 1.400.000 m³/ano de lenha, o que equivale a 8.000 Ha de Eucaliptos. Deste total, 78% da lenha é oriunda de mata nativa e apenas 22% de mata implantada”.

A indústria cerâmica vermelha fornece grandes volumes de materiais de construção utilizados nas obras civis, que por sua vez, geram grandes volumes de recursos naturais e energia (STACHERA JR; CASAGRANDE JR, 2006). Os autores relatam preocupação com este quadro, uma vez que este setor tem grande parcela de contribuição na situação de degradação ambiental atual já que chega a consumir mais de 50% dos recursos naturais, e tem demonstrado indiferença aos grandes problemas ambientais como se observa no setor de cerâmica vermelha.

5.4.4. Desempenho térmico

De acordo com Salema (2014), quanto mais poroso for um material, mais isolador de calor é o mesmo; isto porque a menor condutividade térmica no ar do que na matriz sólida cujo material é constituído. Segundo a autora, o efeito da porosidade é especialmente eficaz quando os poros apresentam pequenas dimensões e são fechados, uma vez que minimiza a transferência de calor por convecção em seu interior.

A condutividade térmica dos blocos de barro vermelho pode ser modelada, seja no processo de fabricação, na maromba, ou na preparação (distribuição granulométrica) (SALEMA, 2014). A autora afirma que é possível produzir blocos cerâmicos com funções internas variáveis, onde a densidade e a disposição de tais funções influenciará diretamente na condutividade térmica do material. Ainda de acordo com Salema (2014), a quantidade de furos no bloco influencia muito no seu desempenho em termos de isolamento térmico; e sendo este aspecto traduzido em riqueza no material em análise, está é uma característica positiva.

Em um estudo de caso realizado por Santos et al. (2015), analisou-se o desempenho térmico do bloco cerâmico em distintas épocas do ano, mais especificamente no inverno e no verão. Segundo dados fornecidos na pesquisa, no período do inverno, onde os ganhos térmicos pela parede exerce maior influência sobre o comportamento térmico da edificação, não foram constatadas diferenças significativas nas temperaturas internas. Ainda de acordo com o referido trabalho, no período de verão as temperaturas máximas e a amplitude térmica foram um pouco maiores, com alguns picos mais acentuados de temperatura, tanto nas máximas quanto nas mínimas, provavelmente devido à menor inércia térmica (capacidade térmica) desse tipo de bloco. Diante o exposto, concluiu-se que a alvenaria utilizando este tipo de bloco tem pouca influência no comportamento térmico das edificações, tanto no período de inverno como no verão.

Segundo Kappaun (2012), também em uma pesquisa realizada no inverno e no verão em residências localizadas em diversas zonas bioclimáticas brasileiras, o bloco cerâmico apresentou um valor de atraso térmico superior ao limite estipulado na NBR 15520, o que implica que este tipo de bloco não seria eficiente quanto ao seu desempenho térmico.

Contudo, segundo Kalil (2017), pode-se ainda melhorar substancialmente o desempenho térmico deste tipo de alvenaria com a aplicação de revestimentos de argamassa ou gesso.

6. METODOLOGIA

6.1. METODOLOGIA ADOTADA PARA A PESQUISA

O presente trabalho é uma pesquisa qualitativa, que busca informações mais aprofundadas a respeito da temática abordada, procurando descrever, compreender e explicar, o comportamento térmico das edificações da cidade de Iracema/CE quanto às técnicas construtivas da região.

Quanto ao delineamento a pesquisa é caracterizada como bibliográfica, em que de acordo com Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa é realizada a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites.

Em relação à natureza, esta é uma pesquisa aplicada, que requer o maior conhecimento à cerca das propriedades térmicas dos tijolos em terra e dos blocos cerâmicos, a fim de propor a utilização do material de melhor desempenho. Para tanto, foram realizadas pesquisas na literatura, análise da área de estudo, e uma pesquisa de campo (composta de entrevistas, registros fotográficos e medições de temperatura), caracterizando o trabalho como uma pesquisa exploratória.

A estratégia de pesquisa utilizada foi o estudo de caso, que segundo Fonseca (2002), pode ocorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, visando apresentar uma pesquisa completa e coerente em relação ao objeto de estudo do ponto de vista do investigador.

A metodologia adota para este trabalho é apresentada de forma sucinta na tabela 1:

Tabela 1 – Metodologia da pesquisa

METODOLOGIA ADOTADA	
Forma de abordagem	Qualitativa
Objetivo de pesquisa	Exploratória
Delineamento	Bibliográfica
Estratégia de pesquisa	Estudo de caso

Fonte: Autor (2017)

6.2. PESQUISA DE CAMPO

6.2.1. Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na cidade de Iracema, interior do Ceará. O município está localizado na micro região da serra de Pereiro, no médio Jaguaribe, com uma

área de 822,83 quilômetros quadrados. A altitude da cidade é de 140 metros acima do nível do mar. A figura 1 ilustra a localização da cidade no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil.

Figura 1 – Iracema/CE, Brasil

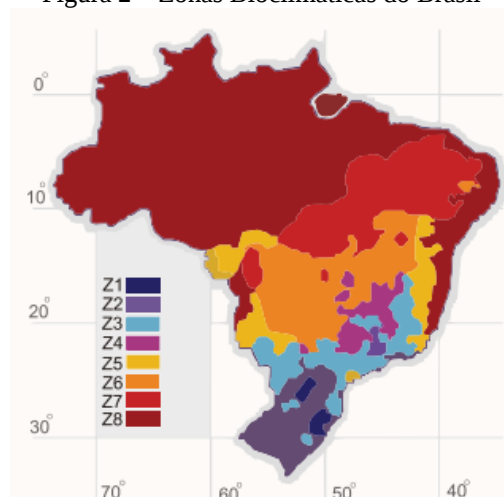


Fonte: google imagens (2017)

Quanto às características ambientais do município, Holanda (2006) classifica o clima como tropical quente semi-árido brando e tropical quente semi-árido, com temperaturas médias anuais entre 26° e 28°C, e com período chuvoso entre os meses de janeiro a abril.

Em relação às características térmicas da área em estudo, estas podem ser analisadas de acordo com a sua respectiva zona bioclimática. Segundo Matozinhos (2014), o desempenho térmico depende de diversas características do local da obra e da edificação; e os seus critérios são estabelecidos com base nas Zonas Bioclimáticas brasileiras ilustradas na figura 2:

Figura 2 – Zonas Bioclimáticas do Brasil



Fonte: Santos et al. (2015)

De acordo com Santos et al. (2015), este zoneamento divide o território brasileiro em oito Zonas Bioclimáticas; e esta divisão levou em conta o clima de cada local atribuindo a classificação zonal para as regiões com homogeneidade quanto às médias mensais das temperaturas máximas, mínimas e as médias mensais da umidade relativa do ar.

Como observado na figura 2, a área de estudo em análise está localizada na Zona Bioclimática 7. De acordo com a NRB 15.575 entre as estratégias de condicionamento térmico passivo para esta Zona no verão, estão:

- resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento;
- ventilação seletiva (nos períodos em que a temperatura interna excede a externa).

Ainda segundo a norma de desempenho, as aberturas para ventilação devem ser pequenas, com sombreamento; e as paredes e cobertura devem conter vedações do tipo pesada.

6.2.2. Visita *in loco*

As edificações visitadas estão situadas na área urbana da cidade de Iracema/CE. Foram escolhidas vinte e cinco edificações construídas em terra crua – isto é, a terra em seu estado natural sem qualquer tipo de tratamento térmico; e mais vinte e cinco residências que utilizaram como método construtivo a alvenaria tradicional em blocos cerâmicos. Vale ressaltar que todas as moradias analisadas são construções relativamente simples, constituídas de apenas um pavimento, providas ou não de revestimento cerâmico e/ou forro, e de porte médio a baixo.

Foram realizadas visitas *in loco* com registros fotográficos, entrevistas, e coleta de dados referentes à temperatura. As medições de temperatura e umidade foram realizadas tanto na parte interna, quanto no ambiente externo de cada uma das residências, mediante a utilização de um Termo Higrômetro. Os horários escolhidos para as medições foram de 09h as 11h e de 17h as 19h, devido às prováveis diferenças de temperaturas a serem verificadas – por se tratar de diferentes turnos.

A oralidade e sua análise foram coletadas por meio de entrevistas realizadas com os proprietários das residências estudadas, com o intuito de melhor compreender o conforto térmico possibilitado por cada material em análise; bem como averiguar a presença de possíveis modificadores do meio, e consequentemente, da temperatura de cada local. O questionário aplicado neste trabalho encontra-se detalhado no apêndice A.

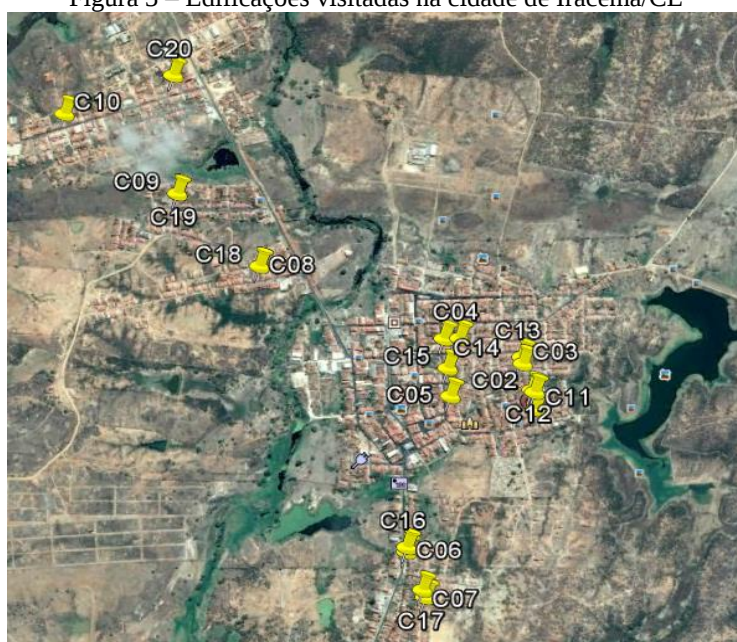
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1. EDIFICAÇÕES VISITADAS

7.1.1. Registro fotográfico, verificação da temperatura e umidade

As residências visitadas estão situadas em pontos bem distribuídos por toda a cidade de Iracema/CE, como ilustra a figura 3, com a finalidade de averiguar a temperatura e a umidade ao longo de todo o município.

Figura 3 – Edificações visitadas na cidade de Iracema/CE



Fonte: Google Earth (2017)

Vale ressaltar que foram analisadas duas edificações em cada rua visitada, sendo uma construída com tijolos de terra e outra com blocos cerâmicos. A seguir, encontram-se informações da localização, temperatura e umidade, e o registro fotográfico de cada uma. As dez primeiras residências são as construídas com terra crua; e as demais, com bloco cerâmico:

Tabela 2 – Informações: Casa 01

Figura 4 – Casa 1 (C 01)		Material de construção: Terra crua	
		Endereço: Rua José Maria Bessa, nº 580	
		Bairro: Centro	
		Temperatura externa: 09h as 11h: 29,8 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 29,5 °C
		17h as 19h: 33,7 °C	17h as 19h: 33,4 °C
		Umidade externa: 09h as 11h: 74%	Umidade interna: 09h as 11h: 73%
		17h as 19h: 60%	17h as 19h: 59%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 3 – Informações: Casa 02

Figura 5 – Casa 2 (C 02) 	Material de construção: Terra crua	
	Endereço: Rua F ^{co} Licínio de Moura, nº 62	
	Bairro: Holandino	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 31,7 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 31,5 °C
	17h as 19h: 33,3 °C	17h as 19h: 33,1 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 69%	Umidade interna: 09h as 11h: 69%
	17h as 19h: 60%	17h as 19h: 60%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 4 – Informações: Casa 03

Figura 6 – Casa 3 (C 03) 	Material de construção: Terra crua	
	Endereço: Rua São José, nº97	
	Bairro: São José	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 33,1 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 32,6 °C
	17h as 19h: 33,2 °C	17h as 19h: 32,8 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 67%	Umidade interna: 09h as 11h: 64%
	17h as 19h: 59%	17h as 19h: 56%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 5 – Informações: Casa 04

Figura 7 – Casa 4 (C 04) 	Material de construção: Terra crua	
	Endereço: Rua Ulisses de H.Campelo, nº515	
	Bairro: Centro	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 32,9 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 32,6 °C
	17h as 19h: 32,7 °C	17h as 19h: 32,5 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 65%	Umidade interna: 09h as 11h: 65%
	17h as 19h: 59%	17h as 19h: 58%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 6 – Informações: Casa 05

Figura 8 – Casa 5 (C 05) 	Material de construção: Terra crua	
	Endereço: Rua Gervázio Holanda, nº404	
	Bairro: Centro	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 33,7 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 33,3 °C
	17h as 19h: 32,6 °C	17h as 19h: 32,2 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 63%	Umidade interna: 09h as 11h: 61%
	17h as 19h: 58%	17h as 19h: 56%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 7 – Informações: Casa 06

Figura 9 – Casa 6 (C 06) 	Material de construção: Terra crua	
	Endereço: Av. M ^a Nilde de Queiroz, nº539	
	Bairro: Caixa D'água	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 31,0 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 30,8 °C
	17h as 19h: 32,2 °C	17h as 19h: 32,0 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 66%	Umidade interna: 09h as 11h: 64%
	17h as 19h: 60%	17h as 19h: 59%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 8 – Informações: Casa 07

Figura 10 – Casa 7 (C 07) 	Material de construção: Terra crua	
	Endereço: Rua M ^a Florentina da Silva, nº250	
	Bairro: Caixa D'água	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 32,0 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 31,6 °C
	17h as 19h: 32,3 °C	17h as 19h: 32,1 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 61%	Umidade interna: 09h as 11h: 61%
	17h as 19h: 61%	17h as 19h: 60%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 9 – Informações: Casa 08

Figura 11 – Casa 8 (C 08) 	Material de construção: Terra crua	
	Endereço: Rua F ^{co} Roque de Oliveira, nº125	
	Bairro: Beira Rio	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 32,2 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 32,0 °C
	17h as 19h: 31,8 °C	17h as 19h: 31,7 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 61%	Umidade interna: 09h as 11h: 60%
	17h as 19h: 61%	17h as 19h: 61%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 10 – Informações: Casa 09

Figura 12 – Casa 9 (C 09) 	Material de construção: Terra crua	
	Endereço: Rua Pedro José de Moura, nº120	
	Bairro: Pedra Bola	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 33,8 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 33,5 °C
	17h as 19h: 32,0 °C	17h as 19h: 31,8 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 59%	Umidade interna: 09h as 11h: 58%
	17h as 19h: 60%	17h as 19h: 60%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 11 – Informações: Casa 10

Figura 13 – Casa 10 (C 10) 	Material de construção: Terra crua	
	Endereço: Rua Joaquim H. Campelo, nº125	
	Bairro: Campo	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 32,9 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 32,8 °C
	17h as 19h: 32,2 °C	17h as 19h: 32,0 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 60%	Umidade interna: 09h as 11h: 60%
	17h as 19h: 61%	17h as 19h: 61%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 12 – Informações: Casa 11

Figura 14 – Casa 11 (C 11) 	Material de construção: Bloco cerâmico	
	Endereço: Rua José Maria Bessa, nº 573	
	Bairro: Centro	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 31,2 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 31,1 °C
	17h as 19h: 33,6 °C	17h as 19h: 33,4 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 72%	Umidade interna: 09h as 11h: 72%
	17h as 19h: 59%	17h as 19h: 59%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 13 – Informações: Casa 12

Figura 15 – Casa 12 (C 12) 	Material de construção: Bloco cerâmico	
	Endereço: Rua F ^{co} Licínio de Moura, nº 67	
	Bairro: Holandino	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 32,2 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 32,0 °C
	17h as 19h: 33,2 °C	17h as 19h: 33,0 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 68%	Umidade interna: 09h as 11h: 68%
	17h as 19h: 59%	17h as 19h: 59%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 14 – Informações: Casa 13

Figura 16 – Casa 13 (C 13) 	Material de construção: Bloco cerâmico	
	Endereço: Rua São José, nº161	
	Bairro: São José	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 32,3 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 32,2 °C
	17h as 19h: 33,2 °C	17h as 19h: 33,1 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 66%	Umidade interna: 09h as 11h: 66%
	17h as 19h: 58%	17h as 19h: 58%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 15 – Informações: Casa 14

Figura 17 – Casa 14 (C 14) 	Material de construção: Bloco cerâmico	
	Endereço: Rua Ulisses de H.Campelo, nº515	
	Bairro: Centro	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 32,9 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 32,8 °C
	17h as 19h: 32,8 °C	17h as 19h: 32,8 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 66%	Umidade interna: 09h as 11h: 66%
	17h as 19h: 58%	17h as 19h: 58%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 16 – Informações: Casa 15

Figura 18 – Casa 15 (C 15) 	Material de construção: Bloco cerâmico	
	Endereço: Rua Gervázio Holanda, nº1342	
	Bairro: Centro	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 33,7 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 33,5 °C
	17h as 19h: 32,7 °C	17h as 19h: 32,6 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 63%	Umidade interna: 09h as 11h: 63%
	17h as 19h: 58%	17h as 19h: 58%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 17 – Informações: Casa 16

Figura 19 – Casa 16 (C 16) 	Material de construção: Bloco cerâmico	
	Endereço: Av. Mª Nilde de Queiroz, nº458	
	Bairro: Caixa D'água	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 32,2 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 32,4 °C
	17h as 19h: 32,3 °C	17h as 19h: 32,2 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 65%	Umidade interna: 09h as 11h: 65%
	17h as 19h: 60%	17h as 19h: 60%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 18 – Informações: Casa 17

Figura 20 – Casa 17 (C 17) 	Material de construção: Bloco cerâmico	
	Endereço: Rua Mª Florentina da Silva, nº165	
	Bairro: Caixa D'água	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 33,1 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 33,3 °C
	17h as 19h: 32,3 °C	17h as 19h: 32,2 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 61%	Umidade interna: 09h as 11h: 61%
	17h as 19h: 60%	17h as 19h: 60%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 19 – Informações: Casa 18

Figura 21 – Casa 18 (C 18) 	Material de construção: Bloco cerâmico	
	Endereço: Rua F ^{co} Roque de Oliveira, nº157	
	Bairro: Beira Rio	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 33,2 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 33,0 °C
	17h as 19h: 31,8 °C	17h as 19h: 31,7 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 61%	Umidade interna: 09h as 11h: 61%
	17h as 19h: 61%	17h as 19h: 61%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 20 – Informações: Casa 19

Figura 22 – Casa 19 (C 19) 	Material de construção: Bloco cerâmico	
	Endereço: Rua Pedro José de Moura, nº112	
	Bairro: Pedra Bola	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 33,1 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 33,0 °C
	17h as 19h: 32 °C	17h as 19h: 31,9 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 59%	Umidade interna: 09h as 11h: 59%
	17h as 19h: 60%	17h as 19h: 61%

Fonte: Autor (2017)

Tabela 21 – Informações: Casa 20

Figura 23 – Casa 20 (C 20) 	Material de construção: Bloco cerâmico	
	Endereço: Rua Joaquim H. Campelo, nº438	
	Bairro: Campo	
	Temperatura externa: 09h as 11h: 33,3 °C	Temperatura interna: 09h as 11h: 33,1 °C
	17h as 19h: 32,0 °C	17h as 19h: 31,8 °C
	Umidade externa: 09h as 11h: 59%	Umidade interna: 09h as 11h: 59%
	17h as 19h: 63%	17h as 19h: 62%

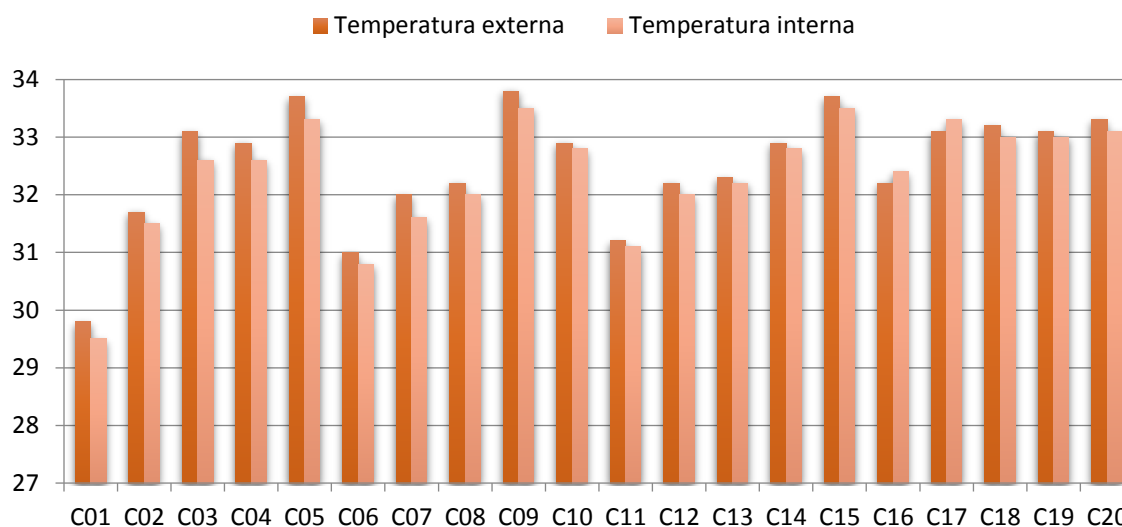
Fonte: Autor (2017)

7.1.2. Análise dos dados

Mediante os dados coletados foi possível verificar o desempenho térmico em cada material, bem como compará-los no que se refere à maior eficiência. Desta forma, os gráficos a seguir apresentam o comparativo entre temperaturas e umidades, externas e internas, das edificações em terra crua e em bloco cerâmico.

➤ 09h as 11h

Gráfico 1 – Temperatura: 09h as 11h



Fonte: Autor (2017)

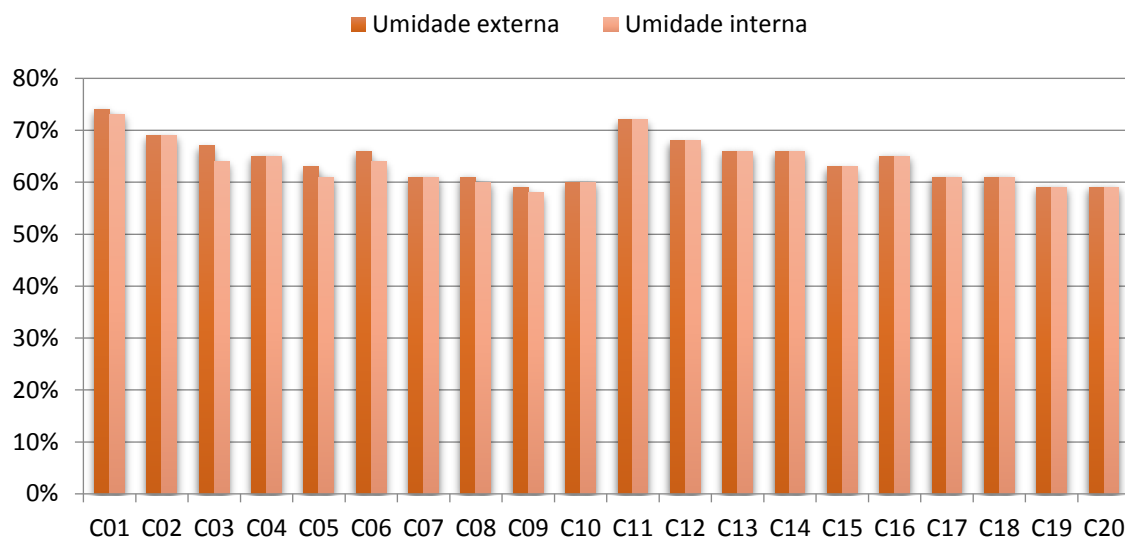
É possível observar uma grande variação de temperatura entre algumas moradias (picos repentinos). Entretanto, as medições efetuadas no período da manhã foram realizadas durante dois dias, pois também estavam sendo realizadas simultaneamente as entrevistas e os registros fotográficos. Como o intervalo de tempo para a medição era de duas horas, o mesmo não foi suficiente para a coleta de todos os dados em apenas um dia e, conseqüentemente, as temperaturas ao longo do gráfico variam de acordo com o dia de coleta dos dados de cada edificação.

Além disso, a ordem das visitas foi diferente da ordem de disposição das casas no trabalho. Pois como já ressaltado anteriormente, foram visitadas duas residências em cada rua, uma de cada tipo de material. Porém, para melhor compreensão dos dados aqui expostos, apresentamos inicialmente os dados referentes às edificações com terra (C01 a C10), e na sequência as moradias com alvenaria de bloco cerâmico (C11 a C20).

Analogamente, as residências que apresentaram maiores diferenças entre as temperaturas externas e internas foram C03, C05, C01, C04 e C09, respectivamente. Sendo que estas edificações são construídas com terra crua é possível comprovar as propriedades térmicas favoráveis do material. Neste contexto, podem-se confirmar as afirmações de Rodrigues (2006) e Araújo (2009) quanto à inércia do material, e conseqüentemente, seu desempenho térmico superior em relação ao bloco cerâmico, uma vez que esta pesquisa comprova o que os mesmos descrevem na literatura.

Outro fator considerado na análise térmica foi à umidade relativa do ar. O gráfico 2 ilustra as medições referentes à umidade, no horário em análise:

Gráfico 2 – Umidade: 09h as 11h



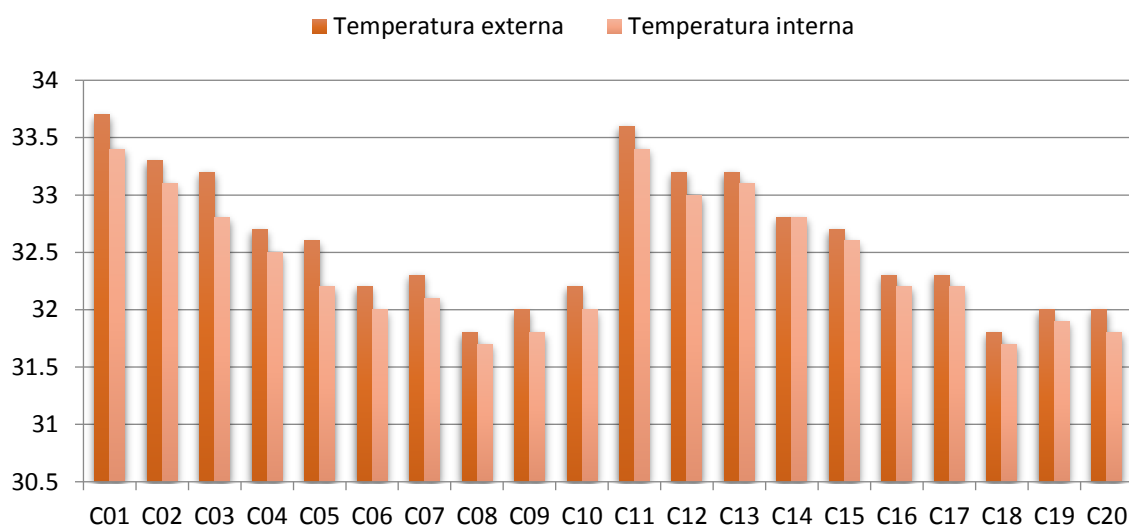
Fonte: Autor (2017)

As medições de umidade realizadas no período da manhã, das 9h as 11h, apresentam bastante homogeneidade e pequeno intervalo de variação. Sendo as residências com maiores diferenças de umidades: C03, C05, C06, C01, C08 e C09, respectivamente. Também aqui as residências com melhor conforto térmico são as constituídas de terra; uma vez que o melhor desempenho de temperatura interfere diretamente na umidade.

➤ 17h as 19h

O gráfico 3 ilustra as medições do período de 17h as 19h. Sendo estas, realizadas em um único dia, visto que os demais componentes da pesquisa já haviam sido coletados anteriormente.

Gráfico 3 – Temperatura: 17h as 19h

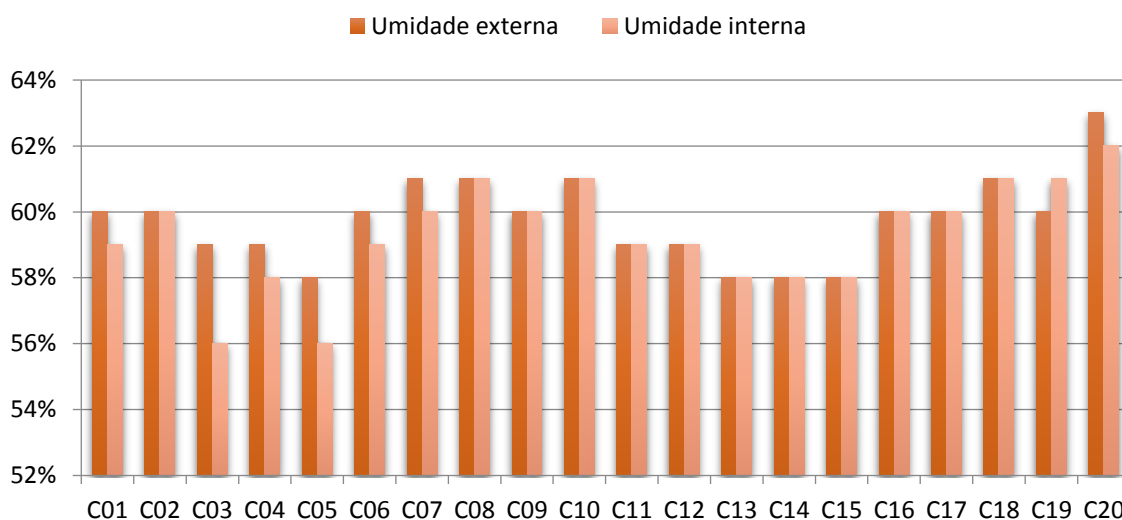


Fonte: Autor (2017)

As edificações C03, C05 e C01 mais uma vez são consideradas as que apresentam melhores desempenhos; as demais possuem temperaturas de valores mais constantes. Ou seja, tanto no período da manhã, quanto ao anoitecer, as moradias construídas com terra crua possuem temperaturas mais amenas no interior das residências, independente das elevadas temperaturas externas – de acordo com o afirmado por Silva (2000).

Como citado anteriormente, as edificações mais confortáveis quanto às temperaturas, também são consideradas as mais satisfatórias no que se refere à umidade (C03, C05 e C01, respectivamente), como mostrado no gráfico abaixo:

Gráfico 4 – Umidade: 17h as 19h



Fonte: Autor (2017)

As umidades deste horário, 17h as 19h, apresentam menor homogeneidade. No geral, as umidades internas e externas deste horário também são inferiores as porcentagens observadas pela manhã. Neste caso, é mais comum observar maiores umidades ao anoitecer. Entretanto, durante a realização desta pesquisa, os valores correspondentes a temperatura e umidade foram mais elevados no período da manhã. Isto pode ocorrer devido a mudanças climáticas e/ou movimentações de massas de ar na região.

Contudo, por se tratar de uma cidade que ocupa uma pequena área construída, as edificações são consideradas próximas. Logo, a umidade e a temperatura externa são semelhantes. Deste modo, foi possível averiguar o desempenho térmico de cada técnica construtiva, uma vez que os fatores analisados estão condicionados ao comportamento térmico de cada material.

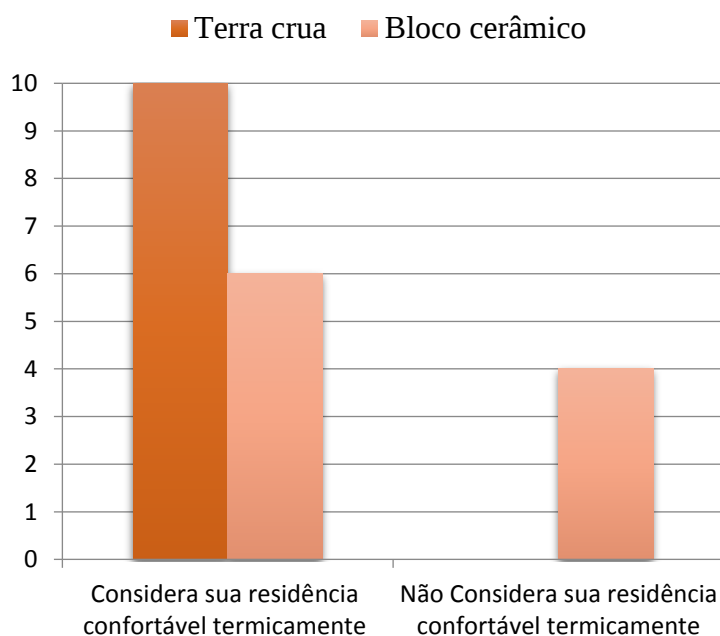
Portanto, as construções com terra crua exibem propriedades térmicas superiores às edificações de blocos cerâmicos, sendo considerada uma técnica adequada a climas quentes e secos – como a área estudada.

7.2. ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

Inicialmente, o questionário objetivou a análise da técnica construtiva de cada edificação, sendo a primeira pergunta referente ao material de construção de cada residência.

Na sequência, os moradores foram indagados em relação ao conforto de sua residência; se consideravam sua casa confortável termicamente, ou não. Nas edificações construídas com terra crua todos os moradores consideram sua casa confortável. Entretanto, nas alvenarias em blocos cerâmicos 60% dos entrevistados demonstram insatisfação quanto à sensação térmica em sua residência. O gráfico 5 apresenta a satisfação, ou não, dos moradores de cada casa visitada:

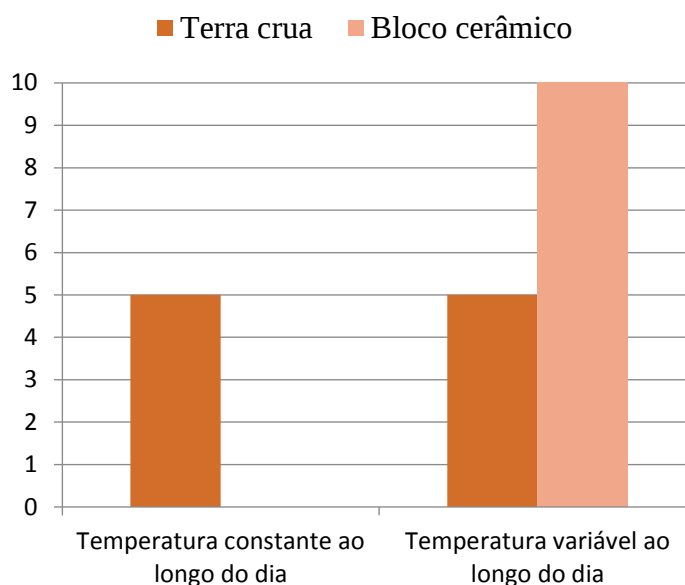
Gráfico 5 – Conforto térmico nas residências



Fonte: Autor (2017)

Em seguida buscou-se identificar a variação térmica de cada material ao longo do dia, ou seja, sua capacidade de adaptação a temperaturas distintas. Desta forma, a pergunta foi direcionada a saber se a temperatura no interior da residência permanecia constante ao longo do dia. Nas habitações de bloco cerâmico, metade dos entrevistados consideraram que a temperatura sofre variações ao longo do dia. Já nos lares constituídos em terra crua, todos os moradores afirmaram que a temperatura se mantém constante:

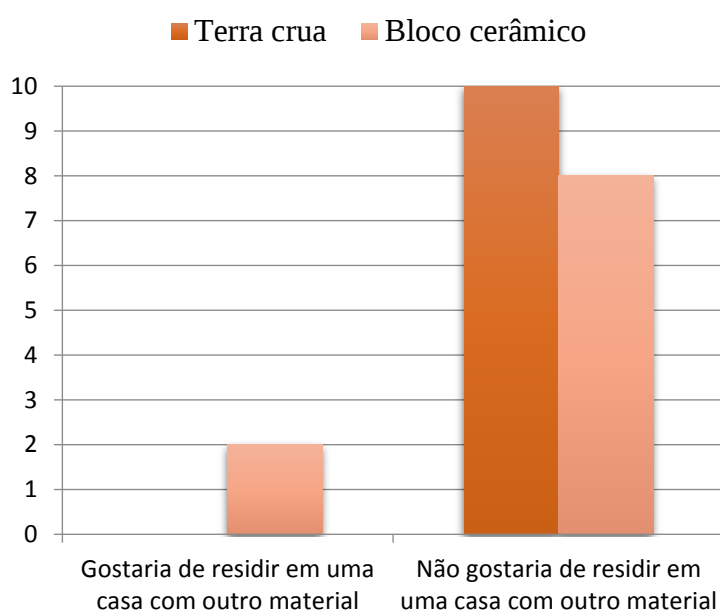
Gráfico 6 – Variação da temperatura



Fonte: Autor (2017)

Na sequência, os entrevistados foram questionados quanto à satisfação com o material de construção de sua residência, ou seja, se gostariam de morar em uma casa construída de outro material, e se sim, qual. Nenhum dos moradores de construções com terra crua demonstrou interesse em residir em casas constituídas por outro tipo de material. Entretanto, 20% dos ocupantes de alvenaria em bloco cerâmico gostariam de residir em edificações construídas com outro material; e quando os mesmos foram indagados em relação ao material de sua preferência as respostas foram unânimes: tijolo comum de terra.

Gráfico 7 – Satisfação quanto ao material de construção



Fonte: Autor (2017)

Neste contexto, fica evidente a satisfação dos moradores locais quanto à técnica construtiva com terra crua. Isto evidencia que a opção do sistema construtivo mais adequado ao tipo de clima e à localização de uma residência, conduz a melhores níveis de conforto térmico e umidade.

Posteriormente, foram analisados possíveis fatores que poderiam influenciar na temperatura no interior de cada edificação, tais como: quantidade de cômodos, revestimento das paredes, forro, elementos de ventilação, ou proximidade a fontes de água e ambiente arborizado.

Neste trabalho as residências visitadas apresentam grande semelhança em relação às suas características. Em geral, as moradias possuem entre 5 a 7 cômodos, exceto as residências C11, C14, C04, C15 e C16, com 9, 10, 9, 8 e 10 cômodos, respectivamente. Todas são revestidas interna e externamente; e apenas as casas C14 e C15 possuem forro. Quanto aos elementos de ventilação, todas as construções são compostas por janelas; as casas C03, C06, C07, C11, C12 e C15, possuem vitrôs no(s) banheiro(s); e as casas C01 e C19 possuem 1 e 3 cogobós, respectivamente.

Em relação aos fatores externos, os únicos domicílios próximos a açudes são as residências C01, C11 e C16. E quanto à arborização, as casas C01, C02, C04, C05, C06, C09, C10, C11, C13, C14 e C17, possuem árvores na calçada ou posterior a ela.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A terra crua foi um dos materiais mais utilizados em todo o mundo pelas antigas civilizações. Porém, com o surgimento de novas tecnologias construtivas, criou-se um discernimento inadequado entre as técnicas existentes, e a terra passou a ser considerada como uma técnica menos vantajosa.

Neste contexto, o presente trabalho busca o resgate das construções em terra crua ressaltando as potencialidades deste tipo de construção. Entre os materiais sustentáveis e as tecnologias construtivas analisadas, a terra crua tem lugar de destaque devido às suas propriedades, possibilidade de renovação, pequeno gasto energético em sua fabricação, facilidade de obtenção e manuseio, maior durabilidade, e desempenho superior ao de muitos outros tipos de materiais no que se refere ao conforto térmico.

Desta forma, foi realizada a análise do desempenho térmico em edificações construídas com terra crua, bem como o comparativo desta técnica com o tipo de alvenaria mais comum à região em estudo, que são os blocos cerâmicos. As médias entre as diferenças de temperaturas e umidades (externas e internas) nos tijolos de terra crua foram de, respectivamente: 0,29°C e 1% pela manhã, e 0,24°C e 0,9% ao anoitecer. Já nos blocos cerâmicos, as médias correspondem a: 0,08°C pela manhã e 0,12°C ao anoitecer, e nenhuma diferença de umidade em ambos os horários. Logo, pode-se comprovar a maior eficiência térmica dos tijolos de terra.

Os moradores que residem em casas de terra crua relataram em entrevista que suas casas são confortáveis em relação à temperatura e umidade, e demonstraram grande satisfação quanto ao material. Já os entrevistados que residem em alvenarias de blocos cerâmicos, demonstraram insatisfação ao conforto térmico de suas residências, e alguns afirmaram que preferiam morar em edificações de terra crua.

Portanto, por ser uma técnica considerada formidável no que diz respeito ao desempenho térmico, é julgada adequada a climas quentes e secos, como é o caso da área estudada. Estas e outras informações referentes ao conforto das habitações são de fundamental importância para uma construção de maior qualidade, e para o bem-estar do indivíduo.

REFERÊNCIAS

A.D., Engº. J. Renato. **Conforto Térmico e Edificações**. 2017. Disponível em: <<http://www.jrrio.com.br/construcao-sustentavel/pb-conforto-termico.html>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

A., Juliana Calábria. **AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DE CERÂMICAS VERMELHAS**. 2004. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

ASSIS, Vinícius Barbosa de; COLOMBINI, Ana Paula. **Ecoeficiência para desenvolvimento de construções sustentáveis**. 2017. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1073>. Acesso em: 25 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **15.757: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro: Moderna, 2003. 23 p.

ARAÚJO, Herbert Gurgel. **MANUALIZAÇÃO DE CONSTRUÇÕES EM ADOBE**. 2009. 49 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

BARBOSA, Elcivone Maria de Lima. Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico de vedação e drywall. **Especialize**, Goiania, v. 1, n. 10, p.1-21, dez. 2015.

BARBOSA, Normando Perazzo; GHAVAMI, Khosrow. **Terra crua para edificações**. In. ISAIA, G. C. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais**. [S.I.] IBRACON, 2007.

BARBOSA, Normando Perazzo; MATTONE, Roberto; MESBAH, Ali. **Blocos de Concreto de Terra: Uma Opção Interessante Para a Sustentabilidade da Construção**. 2015. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/268431190_Blocos_de_Concreto_de_Terra_Uma_Opo_Interessante_Para_a_Sustentabilidade_da_Construo>. Acesso em 22 outubro 2015.

BENEVIDES, Carolina. **Segundo estudo, todos os municípios brasileiros têm déficit habitacional**. 2014. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/brasil/segundo-estudo-todos-os-municipios-brasileiros-tem-deficit-habitacional-11827890>>. Acesso em: 23 mar. 2017.

BIOCLIMATISMO. **Zoneamento Bioclimático Brasileiro**. 2017. Disponível em: <<http://bioclimatismo.com.br/bioclimatismo/zoneamento-bioclimatico-brasileiro/>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

BIOHABITATE. **Construção e Arquitetura de Terra Crua**. 2017. Disponível em: <<http://www.biohabitate.com.br/construcao-e-arquitetura-de-terra-crua/>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

BORGES, Luiara Vidal dos Santos; COLOMBO, Ciliana Regina. **Construções com Terra: Alternativa voltada à sustentabilidade**, 2009. Disponível em <http://www.blogdoalon.com/ftp/ART_150709.pdf>. Acesso em 19 de outubro de 2015.

BUSON, Márcio Albuquerque. **Kraftterra**: Desenvolvimento e análise preliminar do desempenho técnico de componentes de terra com a incorporação de fibras de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento para vedação vertical. 2009. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

CARDOSO, Francisco Ferreira; FIORANI, Viviane Miranda Araújo; DEGANI, Clarice Menezes. IMPACTOS AMBIENTAIS DOS CANTEIROS DE OBRAS: UMA PREOCUPAÇÃO QUE VAI ALÉM DOS RESÍDUOS. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: A CONSTRUÇÃO DO FUTURO, 11., 2006, Florianópolis. **ENTAC**. Florianópolis: 2006. p. 2 - 12.

CARVALHO, J et al... **Construções de tabique na região de Trás-os-Montes e Alto Douro**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UTAD. Vila Real. 2008.

CARVALHO, Thaís Márjore Pereira de; LOPES, Wilza Gomes Reis. A arquitetura de terra e o desenvolvimento sustentável na construção civil. **ViiConnepi: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, Palmas, p.1-7, 19 out. 2012.

CAVALCANTI, Nelson J.. **Clima da Região Nordeste no Brasil**. 2017. Disponível em: <http://www.suapesquisa.com/clima/clima_regiao_nordeste.htm>. Acesso em: 24 mar. 2017.

CBIC. **Desenvolvimento com sustentabilidade**. 207. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sites/default/files/Programa-Construcao-Sustentavel.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

CORREIA, Mariana. 10., 2006, Vila Nova de Cerveira. **TERRA: FORMA DE CONSTRUIR**. Vila Nova de Cerveira: Escola Superior Gallaecia, 2006. 8 p.

COSTA, Keyla. **Seminário sobre tijolos**. São Luís: Keyla Costa, 2010. 28 slides, color.

COSTA, Samantha. **Blocos cerâmicos**. 2011. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/37/blocos-ceramicos-220703-1.aspx>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

DUARTE, Vanessa C. P.. **DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES**. Florianópolis: Labeec, 2016. 239 p.

EIRES, R.; CAMÕES, A.; JALALI, S. Earth architecture: ancient and new methods for durability improvement. **Structures And Architecture: Concepts, Applications and Challenges**, Portugal, p.1-9, 2013.

FISCHER, Mônica. **Conforto Térmico**. 2017. Disponível em: <<https://www.arquilog.com.br/conforto-termico/>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2006. 244 p.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Método de pesquisa**. Rio Grande do Sul: Luciane Delani, 2009. 120 p.

GONÇALVES, Teresa Diaz; GOMES, Maria Idália. **CONSTRUÇÃO DE TERRA CRUA: POTENCIALIDADES E QUESTÕES EM ABERTO. Engenharia Para A Sociedade: Investigação e inovação**, Lisboa, p.2-8, jun. 2012.

HOLANDA, Marcos Costa. **PERFIL BÁSICO MUNICIPAL**. 2006. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2006/Iracema.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2017.

HOMETEKA. **Materiais e sistemas inovadores utilizados em construções sustentáveis**. 2014. Disponível em: <<https://www.hometeka.com.br/pro/9-materiais-e-sistemas-inovadores-utilizados-em-construcoes-sustentaveis/>>. Acesso em: 23 mar. 2017.

IBÁÑEZ, Quiteria Angulo et al.. **Tradicionais de construções de terra**. Elsevier, 2012. 11 p.

ISAIA, G. C. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais**. [S.I.] IBRACON, 2007.

JALALI, Said; EIRES, Rute. **Inovações científicas de construção em terra crua**. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Campus de Azurém, Portugal, 2008.

KALIL, Sílvia Maria Baptista. **ALVENARIA ESTRUTURAL**. 2017. Disponível em: <http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2017.

KAPPAUN, Kamila. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES DE BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS E DE BLOCOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO PARA A ZONA BIOCLIMÁTICA 2 BRASILEIRA**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho Térmico de Edificações**: Florianópolis: Roberto Lamberts, 2017. 47 slides, color.

LOURENÇO, Patrícia; BRITO, Jorge de; BRANCO, Fernando. **Novas tecnologias na aplicação de terra crua na construção**. Companhia de Arquitetura e Desing. 2002. Disponível em: <<http://planetacad.com/PresentationLayer/ResourcesUser/Imagens/conhecimento/estudos/terra2/terra2.pdf>>. Acesso em: Maio de 2015.

MATOS, Alisson Chaves. **USO DA TERRA CRUA EM BLOCOS DE TERRA COMPACTADA**. 2012. 43 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

MATOZINHOS, Roberto. **NBR 15575: EDIFÍCIOS HABITACIONAIS – DESEMPENHO**. Roberto Matozinhos, 2014. 143 slides, color.

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. **Sustentabilidade e processos de projetos de edificações**. Revista Gestão & Tecnologia de Projetos. Minas Gerais, v. 4, n. 1, 2009.

MENDES, Henrique. **A construção civil e seu papel no meio ambiente**. 2007. Disponível em: <<http://www.neutralizecarbono.com.br/blog/index.php/a-construcao-civil-e-seu-papel-no-meio-ambiente/>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

MINKE, Gernot. **Manual de construcción em Tierra**: La tierra como material de ocntrucción y su aplicación en la arquitectura actual. Alemanha: Editorial Fin de Siglo, 2005. 222 p.

MOREIRA, Anabela Mendes. **Terra Crua**. 2009. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Área de Construção, Departamento de Engenharia Civil, Escola Superior de Tecnologia de Tomar, 2009.

MOREL, J.c. et al.. **Algumas observações sobre o papel da Construção da terra**: lições de O passado para a futura construção eco-eficiente. Elsevier, 2013. 3 p.

OLIVEIRA, Adla Kellen D. Sousa de. **Materiais cerâmicos**. Pau dos Ferros: Adla Kellen D. Sousa de Oliveira, 2014. 80 slides, color.

RESENDE, Jocelino. **Impacto Ambiental dos Materiais de Construção**. Amazonas: Jocelino Resende, 2015. 21 slides, color.

RIOS, Mariana Barreira Campos. **ESTUDO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NAS OBRAS DE CONSTRUÇÃO DO BAIRRO ILHA PURA: VILA DOS ATLETAS** 2016. 2014. 102 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

RODRIGUES, Paulina Farias. Construções em terra crua: Tecnologias, potencialidades e patologias. In: MUSA. **Museu, arqueologia e outros patrimônios**. Setúbal: Fórum Intermuseus do Distrito de Setúbal (fids) e Museu de Arqueologia e Etnografia do Distrito de Setúbal (maeds), 2005. p. 149-155.

RODRIGUES, Paulina Faria. Construções em terra crua: Tecnologias, potencialidades e patologias. In: RODRIGUES, Paulina Faria. **MUSA: Museus, arqueologia & outros patrimônios**. Setúbal: Fórum Intermuseus do Distrito de Setúbal (fids) e Museu de Arqueologia e Etnografia do Distrito de Setúbal (maeds), 2007. p. 149-155.

RODRIGUES, P. F. Construções em terra crua: tecnologias, potencialidades e patologias. Faculdade de ciências e tecnologia – Universidade Nova de Lisboa. 2006.

SALEMA. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CERÂMICA E CONCRETO: TIJOLOS E TELHAS**. 2014. Disponível em: <<http://www.ceramicasalema.com.br/estudo-comparativo-entre-ceramica-e-concreto-tijolos-e-telhas/>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

SANDOVAL, Félix Jové; GUERRA, José Luis Sáinz. **Construção com Terra**: Presente, passado e futuro. Elsevier, 2012. 11 p.

SANTOS, Joaquim César Pizzutti dos et al.. Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira. **Revista Materia**, v. 8, n. 4, p.1-18, jul. 2015.

SANTOS, Ruan Faria Carvalhosa dos. **SISTEMA MONOLÍTICO E ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS ESTUDO COMPARATIVO COMO ELEMENTOS DE VEDAÇÕES INTERNAS PARA EDIFICAÇÕES**. 2014. 97 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SILVA, Aliakim Jakson Costa da. **CURRAIS NOVOS-RN E A PROBLEMÁTICA HÍDRICA SOB A ÓTICA EDUCACIONAL COMO FATOR TRANSFORMADOR DESSA REALIDADE**. 2017. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó, 2017.

SILVA, Cláudia Gonçalves Thaumaturgo da. **Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua**. 2000. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública, São Paulo, 2000.

SILVA, Francisca Joanna Geslla. **RESGATE DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS: ANÁLISE DO USO DA TERRA CRUA**. 2015. 49 f. Monografia - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi Árido, Pau dos Ferros, 2015.

SPADOTTO, Aryane et al.. Impactos ambientais causados pela construção civil. **Unoescc & Ciência – Acsa**, Joaçaba, v. 2, n. 2, p.173-180, dez. 2011.

STACHERA JUNIOR, Theodozio; CASAGRANDE JUNIOR, Eloy Fassi. A EMISSÃO DE GASES CAUSADORES DO EFEITO ESTUFA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ALGUMAS INDÚSTRIAS DO SETOR DE CERÂMICA VERMELHA DE CURITIBA. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **A construção do futuro**. Florianópolis: Entac, 2006. p. 1 - 10.

STRINGUETO, Kátia; BIS, Keila. **Adobe para todos**. 2013. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/casa/adobe-para-todos-terra-presente-em-casas-sustentaveis-modernas-746981.shtml?func=2>>. Acesso em 18 de outubro 2015.
THOMAZ, Ercio et al.. **CÓDIGO DE PRÁTICAS Nº 01: ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCOS CERÂMICOS**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009. 72 p.

TARGAL, F. Pacheco; JALALI, Said. **Construção da terra: lições do passado para a futura construção eco-eficiente**. Elsevier, 2012. 8 p.

TSAL, Angélica LaiThyen. **A INOVAÇÃO E A IMPORTÂNCIA DAS CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2013. 420 p.

VECHI, Nivea Regina Gallo; GALLARDO, Amarilis Lucia Casteli Figueiredo; TEIXEIRA, Cláudia Echevengua. **ASPECTOS AMBIENTAIS DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ROTEIRO PARA A ADOÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL PELAS**

PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS. **Home**, v. 11, n. 1, p.1-12, jan. 2006.

VERONEZZI, Felipe. **O impacto da construção civil no meio ambiente**. 2017. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=1827>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

XAXÁ, Mateus Soares da Silva. **Construção com Terra Crua: Bloco Mattone**. 2013. 44 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

YAZIGI, Walid “A técnica de edificar - 10. ed. rev. e atual. - São Paulo: Pini : SindusCon, 2009.

APÊNDICE A – Questionário aplicado**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI ÁRIDO – UFERSA**
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL – 2016.1**ANÁLISE COMPARATIVA DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE CONSTRUÇÕES
EM ALVENARIA: TERRA CRUA X BLOCOS CERÂMICOS – QUESTIONÁRIO _____**

Nome: _____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade/Estado: _____

➤ ANÁLISE QUANTO AO TIPO DE MATERIAL

01. Qual o tipo de material de construção de sua residência?

☐ terra crua ☐ bloco cerâmico

02. Você considera sua casa confortável termicamente?

☐ sim ☐ não

03. A temperatura no interior da residência permanece constante ao longo do dia?

☐ sim ☐ não

04. Se fosse possível, o (a) senhor (a) optaria por morar em uma casa construída de outro material? Se sim, qual?

☐ sim _____☐ não

➤ ANÁLISE DOS FATORES INFLUENTES NO MEIO

05. Quantos cômodos possuem esta residência? _____

06. As paredes são revestidas?

() sim () não

07. A edificação é forrada (gesso, PVC, outros)?

() sim () não

08. Existem elementos que possibilitem ventilação no interior da residência? Se sim, quais (janelas, cogobós, vitrôs) e quantos?

() sim _____

() não

09. Existe alguma fonte de água (açude, rio, lago) próxima à edificação?

() sim () não

10. Há árvores na parte externa da casa?

() sim () não