

VIABILIDADE DE USO DE SOLO PARA A PRODUÇÃO TIJOLOS SOLO-CIMENTO NA CIDADE DE ANGICOS/RN

Cristina Cavalcanti da Silva¹
Joselito Medeiros de Freitas Cavalcante²

Resumo: O tijolo solo-cimento tem sido um produto usado e produzido nos últimos anos, especialmente por terem um processo de produção mais simples e que não usa queima, o que contribui para as questões ambientais. Para produzir o tijolo solo-cimento é preciso usar três elementos básicos: solo (deve ser usado em maior quantidade), cimento e água, estes são misturados e prensados e expostos ao processo de cura, todo o processo de produção segue as normas da ABNT. Este artigo tem como objetivo discutir a viabilidade do uso de solo para a produção de tijolos de solo cimento na cidade de Angicos/RN. O desenvolvimento desta pesquisa foi feito através de um estudo bibliográfico acerca de pesquisas realizadas sobre a temática, assim foram extraídas informações e consequentemente analisados dados com relação a formulação apropriada para produzir o tijolo. Foram colhidas informações sobre os tipos de solos, teor de umidade e teor de cimento, adotados na produção do tijolo solo-cimento e foi constatado que esses teores podem influenciar em propriedades como a resistência a compressão. Assim sendo foi percebido que o solo arenoso se torna mais recomendado. Mas caso o solo usado seja argiloso, é necessário fazer algumas correções, e que o teor de umidade de 10% e o teor de cimento em torno de 6 a 10% proporciona os melhores resultados com o tijolo de solo-cimento.

Palavras-chave: Solo-cimento. Umidade. Cimento. Estabilização. Resistência.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios o homem tem aprendido a lidar com o solo, de maneira a extrair suas melhores qualidades em prol do próprio interesse. E com o solo-cimento não tem sido diferente, uma vez que ao observar uma pequena análise histórica da inserção do solo-cimento em construções antigas, pode-se mencionar a Muralha da China, como uma das primeiras construções de porte maior a utilizar o solo estabilizado. Segundo Bauer (2019), no caso em específico foi usada uma mistura de argila e cal, ou seja, foi usada técnica da fundição. E outras experiências foram ocorrendo de forma que a discussão acerca do solo-cimento fosse ganhando mais espaço.

O engenheiro Ralph Proctor, descobriu que o solo-cimento tinha uma ampla possibilidade de uso, como por exemplo, revestimento de canais, estabilização de taludes, segundo BAUER (2019), denotando que aos poucos o assunto do solo-cimento ganha mais interesse para o setor da construção civil. Salienta-se que todo e qualquer uso relacionado a materiais a serem usados nas construções precisam passar por ensaios em laboratórios, seguindo todas as normas técnicas internacionais e nacionais, com o intuito de avaliar as propriedades mecânicas do material e garantir um uso seguro do mesmo na construção civil inclusive a ASTM (American Society for Testing Material), desde de 1944 vem através de normas, assegurando os ensaios laboratoriais.

Quando se pensa em obras da construção civil e a inserção de novos materiais em seu meio muitos questionamentos podem surgir, especialmente no que diz respeito ao aspecto econômico, porém não se pode ocultar as discussões que permeiam o século XXI, no que diz respeito às preocupações ambientais, por isso, é necessária essa análise minuciosa sobre as

¹ Graduanda do Curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia (UFERSA). Endereço de e-mail: cristal_cs@outlook.com

² Professor Orientador Departamento de Engenharias (UFERSA). Endereço de e-mail: joselito@ufersa.edu.br

possibilidades de interferir menos o meio ambiente, associando isso à possibilidade do surgimento de materiais que venham trazer essa visão mais ecológica para construção civil. As preocupações ecológicas no âmbito da construção civil se devem ao fato, da mesma gerar uma grande quantidade de resíduos, ter um uso expressivo de recursos naturais. Seguindo essa ideia, discussões acerca da escassez de materiais se torna cada vez mais necessária, assim é impossível um setor tão expressivo quanto o setor da construção civil se abster de encontrar novos materiais, que consigam ter propriedades mecânicas favoráveis as construções a serem realizadas.

Conforme, menciona (DRUSZCZ, 2002, *apud* ANGST, 2013,), a construção civil tem sido vista como uma das mais poluidoras e consequentemente esse excesso de poluição gera os prejuízos ambientais. Por isso, o uso do tijolo solo-cimento pode ser uma alternativa viável, diante desse contexto de preocupações ambientais. Quando se faz o comparativo com o tijolo comum SANTANA et al. (2018), é possível verificar que o tijolo comum queimado a céu aberto gera um volume de poluição considerável, já o tijolo solo-cimento não faz uso da queima em sua confecção.

O debate sobre o uso desse material tem sido mais intenso nos últimos anos, visto que ele está atrelado à situação ambiental, tão necessária. Para isso a ABNT também tem feito uma espécie de revisão das normas sobre o tijolo solo-cimento, até mesmo sobre o desenvolvimento dos ensaios laboratoriais. Com relação aos ensaios (BAUER, 2019), menciona que os principais ensaios com o solo-cimento são: expedidos (em campo), compactação, moldagem, cura do corpo de prova cilíndricos e durabilidade (molhagem e secagem).

As possibilidades e facilidades de produzir o tijolo solo-cimento são alguns atributos que tem chamado a atenção. Primeiramente é fundamental saber qual o solo mais apropriado para o tijolo solo-cimento, considerando as características. Segundo a (ABCP, 1985, *apud* ROLIM; FREIRE; BERALDO,1999), diz que os solos arenosos são os mais adequados, visto que para estabilizá-los é preciso uma quantidade menor de cimento, visto que o solo arenoso é composto em sua maior parte de areia, além do mais a argila presente em menor quantidade, faz com que o solo consiga ter a coesão e resistência necessária (ANGST, 2013). Esses dois materiais são fundamentais, uma vez que o solo-cimento tem em sua composição materiais: solo, cimento, água, de maneira que o solo seria o material presente em um lugar e em quantidade bem maior. Mas a argila também poderia ser usada, no entanto, existe a necessidade de adicionar outros materiais junto à argila de maneira a conseguir a estabilização necessária. Quando não há o solo considerado apropriado para fazer o tijolo solo-cimento, a alternativa viável é a mistura de solos, conforme (ANTUNES, 2008, *apud* ANGST, 2013).

Considerando estes aspectos mencionados, esse artigo tem como objetivo realizar um estudo na literatura sobre os parâmetros para a escolha de solo para a produção de tijolos solo-cimento da cidade de Angicos/RN, para isso serão pesquisados alguns artigos científicos produzidos com a temática do tijolo solo-cimento. Para isso se tentará encontrar uma formulação que permita essa produção, para isso se faz preciso observar detalhes fundamentais como: tipo de solo, teor de umidade e teor de cimento, aspectos importantes, visto que não há formulações padrão para tal produção.

2. DESENVOLVIMENTO

A produção do tijolo solo-cimento envolve muitas variantes importantes para que ao final tenhamos um produto viável de ser utilizado na construção civil, dispondo de todas as propriedades que são necessárias, assim sendo o solo é o elemento essencial, visto que na

produção do tijolo solo-cimento será o elemento com maior quantidade na mistura. Por isso, a escolha do solo é essencial e cuidadosa.

A construção civil de uma maneira geral consegue produzir um volume considerável de resíduos que podem impactar em âmbito ambiental, de tal maneira que foram surgindo através de ensaios em laboratórios à produção de materiais que gerasse menos danos ao meio ambiente, de maneira que o tijolo solo-cimento aproveita até mesmos resíduos que ficam na obra, ou seja, já vai adotar a concepção de reaproveitamento de materiais. Segundo (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2008):

Os resíduos de construção e demolição são constituídos de restos de argamassa e concreto, materiais cerâmicos, metais, plásticos, madeiras, papéis e vidros. Os restos dos três primeiros, que normalmente são encontrados em maior volume, podem ser transformados em agregados para uso, por exemplo, em matrizes de solo-cimento, e a grande maioria dos outros resíduos pode ser reciclada (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2008).

Assim, sendo são materiais que estão disponíveis em todos as obras, e que podem ser reaproveitados, porém, é preciso enfatizar que não é um uso aleatório, é necessário observar quais destes materiais enaltecerá à propriedade da resistência, que é tão importante para o os materiais usados na construção civil.

Como mencionado anteriormente o conhecimento a respeito do solo apropriado, é relevante uma vez que o solo é o elemento em maior quantidade, assim sendo, o solo arenoso é considerado o mais adequado para a produção do tijolo solo-cimento, em virtude de suas propriedades e fará com que à quantidade de cimento usado na mistura seja menor (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2008). Em suma, o tijolo solo-cimento, segundo LÔBO et al (2020), é mistura resultante de: solo, cimento e água, que quando compactados dentro das normas estabelecidas resulta em produto que pode facilmente ser adotado para uso em obras civis, e além dos materiais mencionados, dependendo do solo adotado, é possível inserir algum tipo de aditivo a essa mistura com a finalidade de obter as melhores propriedades. Quando é feita a inserção de materiais na constituição deste tijolo, o objetivo é conseguir melhorar suas características como a durabilidade, resistência e até mesmo o desempenho. Existe um leque de possibilidades de materiais que podem ser usados como aditivos, sendo que neste trabalho discutiremos o uso dos resíduos da construção civil.

2.1 O SOLO

Na engenharia civil o solo é compreendido como materiais resultantes do intemperismo ou meteorização das rochas, seja por desintegração mecânica ou decomposição química, CAPUTO (1988). De maneira que não temos solos iguais, por isso é preciso explorar as propriedades do solo: textura, porosidade, permeabilidade, por exemplo, para que se alcance os melhores resultados. Além de que compreender essas propriedades é útil para a escolha do solo a ser usado na produção do tijolo solo-cimento. O estudo do solo é bem amplo, visto que o mesmo pode ser dividido quanto à composição química e mineralógica. Outra informação conveniente para o estudo é a granulometria, sendo que através da mesma é possível extrair dados que serão úteis e nesse sentido o solo arenoso é visto como o adequado, em razão do quantitativo de material retido na peneira, e isto é um aspecto a ser considerado no momento da produção do tijolo solo-cimento, dado que nem todos têm os mesmos resultados em termos de granulometria.

A questão dos solos usados para os tijolos solo cimento é bastante discutida, uma vez que, existe alguns parâmetros que não podem deixar de serem observados, (PINTO,1980, *apud* (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2008), diz que é preciso conter 15% de silte mais

argila, 20% de areia fina e 35% de pedregulho, assim quando observamos o solo arenosos que são graduados e com quantidade de silte mais argila, são os adequados para a confecção do tijolo solo-cimento. Para (ANGST,2013), o solo arenoso tem maior parte de areia e uma pequena parcela de argila, que será útil para que o tijolo solo-cimento alcance à coesão e resistência.

O tijolo solo-cimento pode ter em sua constituição os resíduos de concreto, que segundo (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2008) são materiais que apresentam características físicas similares à areia grossa, que seria interessante serem adicionados aos solos finos, com o intuito de fazer as correções de composição granulométrica, de maneira que eles fossem usados para produzir o solo-cimento. O fator granulometria é muito importante, pois pode interferir de forma direta na qualidade do tijolo solo-cimento, conforme (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2008).

Pelo que se observa, conhecer e classificar o solo é primordial para o desenvolvimento do ensaio, e mais uma vez é enfatizado que o solo arenoso é o mais indicado para a produção do tijolo solo-cimento. De acordo com ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland, 2004), nos ensaios de solo-cimento é feito uso da classificação: AASHTO (M145). É interessante se atentar a comparar o solo estudado com outros ensaiados, para que consiga definir o teor de cimentos, aceitável, com a preservação de suas características essenciais.

2.2 O CIMENTO

Para a produção do tijolo solo-cimento, identificar o cimento a ser usado é muito importante, pois mesmo que ele não seja o elemento em maior quantidade, é um dos elementos fundamentais. Mas antes de adentrarmos em que cimento será usado, se faz indispensável conhecer um pouco mais sobre o cimento. Segundo (OLIVEIRA et al, 2018, *apud* BAUER 2019), o cimento Portland é “um aglomerante hidráulico artificial, obtido pela moagem de clínquer Portland, sendo geralmente feita a adição de uma ou mais formas de sulfato de cálcio, segundo a ABNT NBR 11172:1990”, sendo que em sua composição tem: cal, sílica, alumina e óxido de ferro.

O cimento segundo a ABCP é um material composto, onde o clínquer – mistura e calcário, argila, e componentes químicos - é o principal composto, mas também é possível fazer adição de materiais como o gesso, por exemplo, mas qualquer material adicionado, tem como objetivo melhorar a qualidade do material.

Se faz necessário uma atenção com relação ao cimento, uma vez que no mercado não está disponível apenas um tipo de cimento, ou seja, temos variados tipos com suas peculiaridades, de maneira que quando for realizar uma obra é de suma importância, se ater ao tipo apropriado de cimento à ser usado. Cada um dos tipos de cimentos que são produzidos, precisam seguir as normas orientadoras, tanto que à priori, o cimento era feito por encomenda e só posteriormente passou a ser produzido obedecendo às normas. Os tipos de cimentos com suas respectivas características são mostrados Quadro I.

Quadro 1 – Características dos principais tipos de cimento

Tipos de cimentos – Características				
Tipo	Características	Classificações	Tipos de adições	Uso
Cimento Portland Comum (CPI)	Não possui nenhum tipo de aditivo, apenas o gesso para retardar o início de pega.	CP I	Clínquer, gesso	Trabalho em geral na construção
		CP I - S	6% a 10% de material carbonático	
Cimento Portland Composto (CP II)	Desenvolvimento moderado de calor de hidratação	CP II - E	Clínquer, gesso, escória	Construção volumosa de porte moderado
		CP II - Z	Clínquer, gesso, pozolana	
		CP II – F	Clínquer, gesso, filer	
Cimento Portland de Alto-Forno (CP III)	Maior impermeabilidade e durabilidade, baixo calor de hidratação e alta resistência inicial		35% a 75% escória	-
Cimento Portland Pozolânico (CP IV)	Baixo calor de hidratação, pouco porosos		15% a 50% pozolana	Usado em concretagem de construção volumosa de porte moderado
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI)	Alta reatividade	-	-	Para fabricação de concretos
Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS)	Materiais sulfatados estão presentes em redes de esgoto, água do mar.	-	-	Uso recomendado em ambientes industriais, redes de esgoto
Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC)	Tem a propriedade de retardar o desprendimento de calor em peças de grande massa de concreto.	-	-	-
Cimento Portland Branco (CPB)	Tem cor branca	-	-	-

Adaptado de <https://abcp.org.br/cimento/tipos>

Como mencionado Quadro 1, intitulado: **Tipos de cimentos–Características** e conforme, (OLIVEIRA et al, 2018, *apud* BAUER 2019), no Brasil são produzidos vários tipos de cimento, como: cimento tipo I similar ao cimento Portland, este pode ser usado para trabalhos gerais de construção, já o cimento tipo II tem um desenvolvimento moderado de calor de hidratação. O cimento tipo III possui uma alta resistência inicial e o cimento tipo IV é um dos menos utilizados e o tipo V são indicados para obras que possam precisar de resistência ao ataque às águas. Em suma, os tipos que encontramos com uso mais frequentes são os cimentos I, II, III. Além do mais cada tipo de cimento pode ter adição de outros elementos, com distintos teores de adição que possam suprir ou enaltecer alguma de suas características ou propriedade.

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2004) diz que o teor de cimento a ser usado está diretamente ligado ao fato de que os solos misturados, e compactados eles passam a ter uma resistência mecânica melhor, se comparado a outros que não fazem uso da mistura de materiais, segundo (ANTUNES,2008).

O cimento e seu contato com a água deve ser algo cuidadoso, porque conforme (BAUER,2019), quando a água entra em contato com cimento, reações químicas ocorrem, de forma que o enrijecimento do material vem logo em seguida.

2.3 A ÁGUA

Entre os elementos usados na construção do tijolo solo-cimento, temos a água, elemento que segundo (FREIRE, 2003, *apud* ANGST 2013), o cimento ao entrar em contato com a água consegue unir de maneira firme vários tipos de materiais de construção, ou seja, a água também é importante no processo.

E no ensaio de compactação, por exemplo, tem como função também levantar informações a respeito à umidade, que assim como o acontece com o teor de cimento, são informações que podem vir a interferir posteriormente na resistência e absorção de água do tijolo solo-cimento, ou seja, pode vir a comprometer a eficácia do produto final, segundo (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2008).

Mas com relação à água fica o questionamento sobre que água ou como usá-la no processo de fabricação do tijolo solo-cimento, existem estudiosos da área como (ANTUNES, 2008), compreende que a água não deve ter impurezas para não prejudicar a hidratação do cimento, estas são as mais acertadas para uso. Mais uma vez é ressaltado a concepção que a umidade é essencial para que ao fim do processo tenha-se um produto sem comprometimento de suas características, por isso que (ANGST, 2013) menciona que não é interessante que a produção do tijolo solo-cimento seja exposta a elementos como: sol e vento, considerando que isso poderia afetar as características da resistência, justamente porque acarreta uma evaporação rápida da água. A quantidade de água a ser utilizada é relevante, uma vez que ao misturar: solo, cimento e água e à mistura ser obtida satisfatoriamente, já é possível colocar essa mistura na prensa, conforme menciona (SEGANTINI, 2003).

A água é tão importante que no ensaio de retração indicado pelo pela (CEPED, 1984, *apud* SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2008), é possível detectar as argilas expansivas que justamente absorvem muita água e conseqüentemente acarretará fissuras ou trincas no material.

2.4 O PROCESSO DE PRODUÇÃO

A produção do tijolo solo-cimento não é feita de forma aleatória, visto que toda a produção e análise dos resultados são feitos em laboratórios e seguindo as normas internacionais e nacionais que regem este experimento, considerando que o solo-cimento, segundo ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland, 2004) é o resultado da mistura compactada de solo, cimento e água, nas proporções indicadas nas normas.

Para que o experimento chegue com resultados para a sociedade como um todo, é preciso realizar os ensaios, estes que temos de várias formas. Seguir as sequências dos ensaios é fundamental, por isso temos primeiramente que fazer a identificação e classificação solos como: granulometria, índices de consistência, entre outros. Os ensaios de compactação e durabilidade são distintos, uma vez que o primeiro analisa também o quanto de material fica retido na peneira e o segundo para ser desenvolvido, faz uso de 3 teores de cimentos

Um diferencial importante do tijolo solo-cimento para o tijolo comum, é o processo da queima que não é utilizado, mas é de suma importância acompanhar o processo de cura. Depois decidir a quantidade de cimento que será utilizado, realizar o ensaio de compactação, e executar o ensaio, em seguida, é preciso ver o teor de cimento necessário, para o ensaio de durabilidade por molhagem e secagem. E ainda escolher o teor de cimento em função dos resultados dos ensaios.

Como existe uma variedade de ensaios normatizados para a realização do estudo do tijolo solo-cimento, é válido salientar que independentemente do ensaio a ser adotado é importante seguir sequências como: ensaios preliminares do solo; ensaio de compactação do solo-cimento; determina a resistência à compressão simples aos 7 dias; comparação entre a resistência média à compressão simples do corpo de prova, segundo ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland, 2004).

A fabricação do tijolo solo-cimento é norteada no Brasil pela ABNT NBR 10833:2013, na qual diz que o material deve ser fabricado por meio prensa manual ou hidráulica, e menciona como deve ser à dosagem, mistura, moldagem, cura, armazenamento e transporte. Assim sendo, desde a escolha do solo, até o processo final, é necessário seguir as etapas. As prensas também são relevantes ao processo, visto que influenciam no desempenho final do produto BAUER (2019). De maneira que (BARBOSA,2003, *apud* BAUER,2019) diz que, atualmente, estão disponíveis no mercado à prensa manual e à hidráulicas – está última com grau de compactação maior que as prensas manuais.

Com relação aos tipos de prensas há as mecânicas ou hidráulica, o uso de cada tipo, depende do quantitativo que se deseja produzir. As prensas mecânicas manuais, tem a capacidade de produzir até 1200 tijolos por dia, conforme (TICIANI, 2005 *apud* OCCIK, 2016) os custos também podem influenciar na escolha da prensa, as prensas manuais têm menor custo, e taxa de compactação é menor, se considerarmos a necessidade de força humana. E em comparativo com a prensa manual, a hidráulica não precisa de força humana, o que vem garantir melhores resultados na questão da compactação. Em suma, é preciso avaliar a quantidade de tijolos a serem produzidos e depois a decisão de qual prensa é melhor para a determinada situação.

Aqui temos um exemplo de como produzir o tijolo solo-cimento: manualmente se faz a mistura do solo e cimento, a quantidade de água deve ser adicionada aos poucos, a fim de não prejudicar a plasticidade, e a umidade está adequada quando se consegue separar em duas partes, sem que haja esfarelamento, segundo (TEIXEIRA,2021).Depois, quando a umidade é alcançada, a mistura é colocada nos moldes das prensas e executa-se à prensagem, posteriormente os tijolos são empilhados à sombra, e por fim o processo de cura, que dura 7 dias, conforme (BAUER,2019), além do mais é uma etapa importante, já que vai a indicar a boa qualidade do material.

3. METODOLOGIA

O respectivo trabalho sobre a possibilidade de uso de solo para a produção de tijolos solo-cimento, para foi feito um levantamento bibliográfico com intuito de se chegar a uma formulação ideal, tendo-se em vista de que boa parte da produção de tijolos deste tipo são feitos de forma empírica. Foi feito um levantamento de materiais presentes em plataformas digitais acadêmicas como Scielo, Capes Periódico, Google Acadêmico, nas quais foram analisados 8 artigos que destacavam o uso dos elementos essenciais a produção do tijolo ecológico: solo, água e cimento, considerando as variáveis que o acompanha ao longo das produções já comparadas.

Como se trata de uma pesquisa com levantamento bibliográfico, foi realizado um estudo no qual extraiu-se dados para fazer uma análise quantitativa e qualitativa dos dados extraídos e a análise seja realizada a fim de atender os objetivos desta pesquisa. De maneira que o primeiro passo desenvolvido nesta pesquisa é o levantamento dos materiais acadêmicos já existente e realizar as respectivas leituras para extrair as informações cabíveis à pesquisa, posteriormente segue com os estudos mais particularizados nos quais as informações serão retiradas para que sejam realizados um comparativo tanto nos processos como nas formulações.

Foi feito um recorte temporal considerando materiais da década de 80 até os momentos mais atuais, para encontrá-los foi usado palavras chaves como: cimento Portland, resistência, estabilização, tijolo, água, entre outras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio foi feita uma consulta nas normas que orientam a produção do tijolo solo-cimento. A ABNT NBR 10833 (2012) define o procedimento de fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento de prensa manual ou hidráulica, define parâmetros para o solo, que tem que passar 100% em peneira com abertura de 4,75 mm (nº 4), e que, entre 10 e 50% do solo tem que passar em peneira malha 75m (nº 200). Além disso o limite de liquidez (ABNT NBR 6459) menor igual a 45% e índice de plasticidade (ABNT NBR 5180) menor ou igual a 18%. A referida norma também menciona as características que devem ser apresentadas pelo cimento e pela água e outros aditivos. Entretanto não especifica uma formulação padrão para tal produção, daí a análise feita neste artigo.

A partir deste parâmetro da ABNT, podemos analisar se os experimentos com o tijolo solo-cimento, consegue manter as características e propriedades físicas e mecânicas que o material necessita para serem utilizados na construção civil.

No caso, (ROLIM; FREIRE; BERALDO,1999) fizeram uma análise comparativa da resistência à compressão simples de tijolo e painéis de solo cimento, para a produção do tijolo o autor utilizou os seguintes materiais, solo arenoso (passado em peneira ABNT nº4), sendo feito as análises sugeridas pela norma (granulometria, índice de fluidez e plasticidade); utilizou cimento Portland CP II-E-32 e cal. A proporção de cimento utilizada foi de 8% tomando por base o solo seco. Os tijolos apresentaram resistência em média de 2,2MPa, o que atende as exigências da norma ABNT (2012).

TEIXEIRA et al (2021), no seu estudo propriedades tecnológicas do tijolo solo-cimento vazado de 2 furos, utilizou um solo proveniente do Vale do Paraíba/SP, e passou por todos os ensaios determinados pela norma ABNT NBR 10333. Esse solo apresenta características silto argilosa e origem caulínica; ainda foram utilizados areia e cimento CP V ARI. O traço utilizado foi 1:2:6 (cimento, área, solo). A umidade ideal foi determinada por teste tátil-visual. Para a mistura foi utilizado betoneira. Os valores de resistência à compressão obtidos estão conforme a norma ABNT NBR 8491. Mais um material, que nos mostra que o tijolo solo-cimento pode dispor de valores de resistência à compressão, apropriados e que garante o uso do material na construção civil. Para esse caso em específico, o material estabilizador foi o cimento CP V.

É percebido que o estudo voltado para a resistência à compressão é relevante, tanto que outro a estudar tal temática é, (PATRIOTA, 2015) que no seu estudo das propriedades físico-mecânicas do tijolo solo-cimento, utilizou o solo proveniente do Campus VIII da UEPB, no município de Araruna e o cimento Portland CP II Z 32, a água utilizada foi fornecida pela Cagepa (companhia de água e esgotos da paraíba). Foram realizados ensaios segundo a norma ABNT NBR 10833. Pelo fato do material apresentar uma grande quantidade de finos foi acrescentado 20% de areia. Foram utilizados os traços 1:10; 1:12 e 1:14. O teor ótimo de umidade foi de 12%. Os melhores resultados de resistência à compressão foram obtidos para o traço 1:10. Neste caso, diferentemente de (ROLIM; FREIRE; BERALDO,1999), foi adicionado uma porcentagem de areia, e mais importante, conseguiram identificar que o menor traço, imprimir ao material, uma boa resistência à compressão.

Ao mencionarmos à relevância da resistência compressão, se faz propício compreender que para a produção do tijolo solo-cimento o ensaio de resistência à compressão e ensaio de absorção de água, pois a partir deste, os parâmetros de construção do tijolo solo-cimento estarão consolidados.

Para esse estudo é muito importante conhecermos mais sobre a estabilização de solo, uma vez que é extremamente importante para a produção do tijolo solo-cimento. Para HOUBEN & GUILLAUD (1994, *apud* FERREIRA et al 2008), a estabilização do solo consiste em modificar as características do sistema solo-água com intuito de conseguir as

propriedades necessárias, como por exemplo, uma resistência à deformação. Como já mencionado anteriormente, à produção do solo cimento, inclui materiais como solo, cimento e água, mas também temos a produção deste material com o acréscimo de outros materiais, que possam permitir as propriedades do tijolo solo-cimento.

Com relação à estabilização do solo, MILANI e FREIRE (2006), disse que:

Na estabilização do solo com o cimento, ocorrem reações de hidratação dos silicatos e aluminatos presentes nos cimentos, formando um gel que preenche parte dos vazios da massa e une os grãos adjacentes do solo, conferindo-lhe resistência inicial (MILANI e FREIRE, 2006 *apud* FERRARI et al 2014).

Isso quer dizer que é preciso conhecer melhor os elementos que proporcionarão uma estabilização do solo. E para a produção do tijolo solo-cimento, este é um fator fundamental, uma vez que estamos em busca da possibilidade de fazer o tijolo solo-cimento com um solo ‘qualquer’, no intuito de tornar algo mais próximo das pessoas, considerando que podemos usufruir de materiais que são deixados constantemente nos canteiros de obras da construção civil. E nesse aspecto da estabilização, temos um material relevante no uso da produção do tijolo solo-cimento, segundo (FREIRE, 2003, *apud* FERREIRA et al 2008, p. 2), o cimento Portland é o mais indicado para estabilizar solos com pequeno teor de argila, o que permite conseguir ter um tijolo solo-cimento de alta resistência mecânica, resistência à água, ao inchamento e à contração. Tanto que se observamos quase todos os referenciais analisados tinha como elemento o cimento Portland II- E-32, como o elemento estabilizador, além do mais ressalta-se que o cimento é o material usado em menor quantidade, uma vez que o solo é o material adicionado em maior quantidade.

Ainda com relação a estabilização SOUZA (2019), diz que:

A estabilização pode ser alcançada por processos mecânicos, físicos e químicos. A estabilização mecânica ocorre quando o solo é compactado tornando-se mais denso. Na estabilização física as propriedades do solo são modificadas com o uso de técnicas que melhoram a textura do mesmo, sendo a mais conhecida a queima. Por fim, na estabilização química, as propriedades do solo são modificadas pela mistura com aditivos químicos como o cimento ou outro material estabilizado (SOUZA, 2019, p.9).

Os solos estabilizados são fundamentais de tal maneira que B. V. VENKATARAMA REDDY; M. S. LATHA (2014) estudaram a mistura de solos estabilizados por cimento, para tanto fizeram a análise de um solo natural e a esse acrescentaram diversos teores de silte e areia, além do teor de cimento Portland “comum”, variando de 0 a 10%. Eles concluíram que, a quantidade de material argiloso no solo afeta as propriedades resistência, durabilidade e absorção de água em solos estabilizados com cimento. O teor ótimo de argila, segundo os autores, fica na faixa de 10 a 14%. São através destes experimentos que vamos obtendo os conhecimentos apropriados para uma formulação para o tijolo solo-cimento, visto que ainda não há uma formulação padrão para tal produção. Até porque um material age de forma distinta, de acordo com o tipo de solo, já mencionado anteriormente o solo arenoso é considerado o mais apropriado, pois a quantidade de cimento na mistura é menor, quando consideramos as propriedades do solo arenoso.

Ainda com relação ao solo utilizado, FERRAZ; SEGANTINI, (2004), fizeram um estudo sobre a aplicação de resíduo de argamassa de cimentos nas propriedades de tijolos solo-cimento. Coletaram solos em Ilha Solteira - SP e amostras com deste solo com adição de resíduos de argamassa, para fabricação do tijolo solo-cimento, realizaram os ensaios de compactação e de análise granulométrica: solo natural, solo mais 20% de resíduo e solo mais

401% de resíduo, três teores de cimento (6%, 8% e 10%), os ensaios seguiram as orientações das normas técnicas. Foi inclusive verificado que houve um aumento da resistência à compressão simples em função do aumento da quantidade de resíduos. Além do mais, ficou evidenciado com relação a resistência à compressão simples, os traços (solo +6% de cimento e solo+8% de cimento), tiveram resultados diferentes do que a norma exige, já as amostras com resíduos, tiveram valores próximos ao que determina a norma.

A porcentagem de cimento é determinante para a resistência à compressão, absorção e durabilidade do solo-cimento, por isso, é necessário se ater a essa informação para que o produto final mantenha as características e propriedades desejáveis, como observa GRANDE (2003).

A água é um dos elementos essenciais na produção dos tijolos de solo-cimento, tendo em vista essa relevância, (CAMPOS; JUNIOR; BRITO, 2017) estudou o comportamento de tijolos solo-cimento utilizando diferentes fontes de água e métodos de cura, para produção do tijolo foi um solo que passou 100% por peneira de 3mm, cimento Portland CP II Z – 32 (com adição de pozolana). Os autores variam a fonte de água, indo de água fornecida pela companhia de água e esgotos do Mato Grosso do Sul, passando por água de rio e terminando com água proveniente de uma ETE. Foi utilizado um traço de 1:10 (cimento: solo), em volume; A água foi adicionada até se conseguir a umidade ideal, esta última feita por análise tátil-visual. A produção dos tijolos foi feita em prensa hidráulica. Os resultados mostraram os tijolos produzidos resistência superior a 4MPa, após 28 dias; E que a água seja ela proveniente da companhia de água, rio ou da ETE, apresentaram resultados similares. Para os corpos de prova feitos com água da ETE, os autores ainda fizeram análise microbiológica, onde não detectaram nenhum problema. Ou seja, mesmo que tenham utilizado água oriunda de lugares distintos, os valores apresentados após o experimento são satisfatórios, inclusive no que diz respeito à resistência, os valores foram satisfatórios.

E o estudo com relação à umidade também foi analisada por BRUNA, G. C, VIZIOLI, S.H.T (2006), em artigo intitulado habitação social com tijolo de solo-cimento, como elemento estruturador do desenvolvimento sustentável de João Dourado (BA), cita uma metodologia denominada Miniatura Compactada Tropical. Neste caso parte-se de uma amostra de solo, determina-se o teor de umidade do mesmo e, a partir daí se calcula o teor de cimento e água. No caso específico do solo da cidade de João Dourado (BA) foi utilizada uma amostra de 2,5 kg, tendo-se uma umidade de 9,8%, foi colocado 6 e 8% de cimento sob o total da massa seca de solo, o teor ótimo de umidade foi de 11,8%. Os resultados mostraram que o maior teor de cimento gerou melhores resultados. Através da informação sobre umidade também se verifica o teor de cimento a ser incorporado à mistura solo-cimento, uma vez que o excesso de água pode comprometer as propriedades do material, de maneira que o produto seja inadequado ao fim para o qual foi produzido. Enfatizando que com relação ao cimento e à água, este último deve ser usado em menor quantidade.

Ainda com relação a umidade, GRANDE (2003) estudou a fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem a adição de sílica ativa, para tanto utilizou um solo proveniente da área pertencente a mineração Itaporanga Ltda, localizada em São Carlos – SP, os ensaios seguiram a ABNT NBR 10833, passando 100% do solo pela peneira de 4,8mm e 10% pela peneira de 75m. Além disso, foram avaliados o limite de plasticidade e fluidez. Foram utilizados dois tipos de cimento Portland o CP II E 32 e o CP V ARI Plus e como aditivo a sílica ativa. E percebeu que o teor de umidade assume papel de importância igual ou até superior ao teor de cimento, pois se constatou que, com teor de água menor que o ótimo, os resultados apontaram que parte do cimento se comporta como material inerte. Assim sendo, é de suma importância, analisar atenciosamente a quantidade de água a ser usada na mistura do tijolo solo-cimento.

De maneira que (ANGST, 2013) em seu estudo sobre a análise comparativa entre tijolos cerâmicos e tijolos de solo-cimento, afirma que se for acrescido água demais, comprometerá a resistência do mesmo, inclusive podendo até trincar, mas isso não significa que podemos diminuir a quantidade, pois dificultará a compactação e conseqüentemente perda da resistência. É essencial que se tenha conhecimento da quantidade específica de água a ser usada para que a resistência do material não seja comprometida, por excesso ou falta de água.

Ainda com relação à umidade é possível dizer que:

A quantidade e à proporção de água no preparo e mistura de compósitos para a produção de tijolos solo cimento influenciam na trabalhabilidade, homogeneidade, coesão, absorção de água, porosidade, durabilidade e, principalmente, no desempenho físico-mecânico final do produto (BUSON, 2009, *apud* PRESA, 2011).

Assim sendo, não podemos desprezar todas as características que estão envolvidas em parceria com o uso da água na produção do tijolo solo-cimento. E alguns estudos estão até testando água proveniente de fontes distintas, para verificar o que o tijolo solo-cimento pode ter de acréscimo ou não na sua produção.

Ante ao exposto podemos resumir da seguinte maneira (Quadro 2)

Quadro 2: Resumos dos trabalhos estudados

Autor	Tipo de solo	Teor de umidade	Tipo de cimento
Bruna, G. C, Vizioli, S.H.T (2006)	Solo da cidade João Dourado (BA0)	9,8%	6% a 8%
B. V. Venkatarama Reddy • M. S. Latha (2014)	Solo natura + teores de silte e areia	-	Portland “comum” 0% a 10%
Campos et al (2017)	Solo selecionado e livre de matéria orgânica	Teste tátil-visual	Portland CP II Z – 32 (com adição de pozolana)
Ferraz, A.L.N; Segantini, A.A.S(2004)	Solo natural	-	6%, 8% e 10%
Grande (2003)		10%	Portland o CP II E 32 e o CP V ARI Plus
Patriota (2015)	Solo do Município e Araruna-PB	12%	Portland CP II Z 32
Rollin et all (1999)	Arenoso (72% de areia)	11,45%	8% de -Portland CP II-E-32 e cal
Souza et al (2007)	Solo (solo A4 (HRB, 1945)	-	CP II Z-32,
Teixeira et al (2021)	silto argilosa e origem caulínica	teste tátil-visual	cimento CP V ARI

Fonte: Autoria própria (2021)

A partir dos dados apresentados no Quadro 2, podemos observar que entre os experimentos relacionados ao tijolo solo-cimento, que o teor de umidade utilizada ficou em torno de 10% quando mencionado este quantitativo, seja ele para o solo arenoso ou argiloso, no entanto, teve casos em que o teor de umidade não foi mencionado em porcentagem e sim que foram usados o teste tátil-visual. Com relação ao tipo de solo utilizado, temos uma variação, visto que foram utilizados solos dos mais diversos lugares, no entanto, o solo arenoso e argilosos (com adição de teores de areia), são os mais utilizados, por possuírem características que contribui para manter o tijolo solo-cimento adequados aos fins para os quais o mesmo foi produzido. Quanto ao material que garante à estabilização do solo, através

da tabela II, observamos que de 8 artigos analisados, seis deles especificam o uso do cimento Portland, sendo que o tipo CP II-32, foi citado por 4 autores, mas não podemos deixar de mencionar que o cimento CP V foram utilizados em duas situações, inclusive o teor de cimento adotado nos ensaios analisados, constatamos que fica algo variado entre 6% à 10%, considerando o tipo de solo adotado para a produção do tijolo solo-cimento E como já discutido anteriormente, o processo de estabilização é fundamental, e que o cimento Portland, se torna o mais indicado para aqueles solos que têm pequeno teor de argila.

5. CONCLUSÕES

Ao final do processo de análise de alguns materiais já publicados acerca da produção de tijolo solo-cimento, pode-se concluir que é preciso ter um solo que apresenta características similar ao solo arenoso, tais: alta proporção de areia, é permeável à água, mas isso não quer dizer que somente o solo arenoso seja usado para usado na produção do tijolo solo-cimento, visto que outros tipos de solo também podem ser adotados, porém é preciso adicionar algo a mais que venha a suprir algum elemento que esteja em falta, por isso, podem ser usados teores de areia, cal, por exemplo. No que se refere ao estabilizante, necessita-se de uma quantidade pequena, dessa forma é preciso que, seja feito de um cimento “especial”, que permita uma melhor estabilização do solo, considerando o quanto é fundamental à estabilização para a produção do tijolo solo-cimento, inclusive esses teores por vezes tem uma variação entre 6% e 10%, mas sempre considerando o tipo de solo que está sendo utilizado na produção do tijolo solo-cimento. Ainda foi possível constatar que a água é um elemento de extrema importância, e por isso deve ser usado o teor considerado ideal de 10% para que o solo quando for compactado não perca as propriedades que venham a prejudicar o produto final, sendo que não pode ser mais e nem a menos, mas deve ser usado um teor que não prejudique o tijolo solo-cimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGST, E R. **Análise comparativa entre tijolos cerâmicos e tijolos de solo-cimento.** Alegrete (RS), 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa) Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) Disponível em: [https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/bitstream/riu/1642/1/Análise comparativa entre tijolos cerâmicos e tijolos de solo - cimento.pdf](https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/bitstream/riu/1642/1/Análise%20comparativa%20entre%20tijolos%20cerâmicos%20e%20tijolos%20de%20solo%20-%20cimento.pdf) . Acesso em: 24 jun.2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Cimento:** diferentes tipos e aplicações, 2018. Disponível em: Cimento: diferentes tipos e aplicações - PORTAL ABCP . Acesso em: 15 jun.2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Dosagens das misturas de solo-cimento normas de dosagem e métodos de ensaios.** São Paulo, ago.2004. Disponível em: C:\Meus documentos\ABCP\Et-38\ . Acesso em: 14 ago.2021

B. V. Venkatarama Reddy • M. S. Latha, **Influence of soil grading on the characteristics of cement stabilised soil compacts.** Materials and Structures (2014). Disponível em: Influence of soil grading on the characteristics of cement stabilised soil compacts | SpringerLink . Acesso em: 20 ago.2021.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. **Cimento Portland. Instituto Brasileiro do Concreto – Livro CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA.** Disponível em: [\(Microsoft Word - Capítulo 6 revis\343o final editor.docx\) \(usp.br\)](#) Acesso em 13/11/2021.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção** -6. ed. vol.1-Rio de Janeiro. 2019.

BAUER, L.A. FALCÃO. **Materiais de construção**. - 6. ed. vol.2-Rio de Janeiro, 2019.

CAMPOS, A; JUNIOR, J.B.N; BRITO, L.T. **Comportamento Estrutural de tijolos de solo-cimento utilizando diferentes fontes de água e métodos de cura.** Interações, Campo Grande, MS, v. 20, n. 1, p. 283-296, jan./mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v0i0.1565>. Disponível em: [SciELO - Brasil - Comportamento estrutural de tijolos de solo-cimento utilizando diferentes fontes de água e métodos de cura](#) [Comportamento estrutural de tijolos de solo-cimento utilizando diferentes fontes de água e métodos de cura](#). Acesso em: 12 abr.2021.

CAPUTO, Homero Pinto, **Mecânica dos solos e suas aplicações.** Revista Ampliada 6ª edição,1988.

FERREIRA, Régis de C.et al. **Incorporação de casca de arroz e de braquiária e seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas de tijolos de solo-cimento.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.1, p.1-11, jan./mar. 2008. Disponível em: [SciELO - Brasil - Incorporação de casca de arroz e de braquiária e seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas de tijolos de solo-cimento](#) [Incorporação de casca de arroz e de braquiária e seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas de tijolos de solo-cimento](#) . Acesso em: 20 set. 2021.

GOMES, Túlio Henrique. **Análise da resistência a compressão simples de um solo argiloso artificialmente cimentado.** Pombal/PB, 2019. Monografia (Graduação Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)). Disponível em: [TÚLIO HENRIQUE GOMES - TCC - ENGENHARIA CIVIL 2019.pdf \(ufcg.edu.br\)](#) . Acesso em: 20 out.2021

GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa.** São Carlos. Universidade de São Paulo. 2003. (Dissertação Mestrado pela Universidade de São Paulo). Disponível em: [UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO \(usp.br\)](#) . Acesso em: 25 out.2021

LIMA, D.S. Menezes. **Avaliação do tijolo modular de solo-cimento fabricado em prensa manual como material para a construção de baixo custo com mão de obra comunitária.** UFRJ, 2018.

LÔBO, Josefa Missiliene Cordeiro et al. **Análise mercadológica do tijolo ecológico solo-cimento na região Metropolitana do Cariri.** Research, Society and Development, v. 9, n. 8, e180984966, 2020. Disponível em: [\(PDF\) Análise mercadológica do tijolo ecológico solo-cimento na Região Metropolitana do Cariri \(researchgate.net\)](#). Acesso em 18 set.2021

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva et al. **Tijolo de solo-cimento: análises das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis.** E-xacta, Belo Horizonte, v. 7, n.1, p. 13-26. (2014). Editora UniBH. Disponível em: www.unibh.br/revistas/exacta. Acesso em 10/03/2021.

OCCIK, Renato Pascon. **Estudo de viabilidade econômica para fabricação de tijolos de fácil encaixe utilizando entulho reciclado**. UTFP, Cornélio Procopio, 2016. Monografia (Graduação curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Disponível em: [CP_COEME_2016_1_26.pdf \(utfpr.edu.br\)](#). Acesso em: 06 nov.2021

OLIVEIRA, João Victor da Cunha et al. **Tijolo de solo-cimento: avaliação físico-química da água de amassamento e resistência a compressão axial**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC’2018. Disponível em: [178_tdsafdádaeràca.pdf \(confea.org.br\)](#). Acesso em: 05 nov.2021

ORTIGÃO, J.A.R. **Introdução à mecânica dos solos dos estados críticos**. 3º Edição, 2007.

PATRIOTA, Tássio Gonzales Machado. **Estudo das propriedades físico-mecânicas do tijolo solo-cimento**. Araruna-PB, 2015. Monografia (Graduação de Engenharia Civil Universidade Estadual da Paraíba). Disponível em: [PDF-Tássio Gonzalez Machado Patriota.pdf \(uepb.edu.br\)](#). Acesso em: 15 ago. 2021.

PRESA, Marcelo Bastos. **Resistência à compressão e absorção de água em tijolos de solo cimento**. UnB Brasília/DF, 2011. Monografia Graduação de Engenharia Agrônoma. Disponível em: [Microsoft Word - Trabalho escrito - monografia - pdfMachine from Broadgun Software, http://pdfmachine.com, a great PDF writer utility! \(unb.br\)](#) . Acesso em: 10 set.2021.

ROLIM, M.M; FREIRE, WJ; BERALDO, A. L. **Análise comparativa da resistência à compressão simples de corpos-de-prova, tijolos e painéis de solo-cimento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.1, p.89-92, 1999. Disponível em: [SciELO - Brasil - ANÁLISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DE CORPOS-DE-PROVA, TIJOLOS E PAINÉIS DE SOLO-CIMENTO ANÁLISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DE CORPOS-DE-PROVA, TIJOLOS E PAINÉIS DE SOLO-CIMENTO](#) . Acesso em: 12 jun. 2021

SILVA, Leonildo Oliveira da, et al. **Tijolo solo-cimento: fabricação e utilização em construções que visam o equilíbrio ambiental**. Revista Conexão Eletrônica- – Três Lagoas, MS - Volume 15 – Número 1 – Ano 2018.

SOUZA, M.I.B; SEGANTINI. A.A.S; PEREIRA, J.A. **Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.12, 2008. Disponível em: [059.06.pmd \(scielo.br\)](#) . Acesso em: 14 jun.2021

TEIXEIRA, Felipe Pinheiro et al. **Propriedades tecnológicas do tijolo solo-cimento vazado de 2 furos**. Tecnol Metal Mater Min. 2021;18: e 2147 | <https://doi.org/10.4322/2176-1523.20212147>. Disponível em: [tmm-18-e2147.pdf \(tecnologiagmm.com.br\)](#) . Acesso em: 18 ago.2021