

**REDE DE ENSINO DOCTUM
UNIDADE JOÃO MONLEVADE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CLENILSON CRISTIANO MARTINS
VINICIUS DE OLIVEIRA SANTOS**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DOS TIJOLOS
ECOLÓGICOS COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS
DE BARRAGEM DE MINÉRIO DE FERRO PARA
CONSTRUÇÕES UNIFAMILIARES**

JOÃO MONLEVADE

2018

**CLENILSON CRISTIANO MARTINS
VINICIUS DE OLIVEIRA SANTOS**

**ESTUDA DA VIABILIDADE DO USO DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS COM
INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE BARRAGEM DE MINÉRIO DE FERRO
PARA CONSTRUÇÕES UNIFAMILIARES**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenheiro Civil no curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

Orientador (a): Prof. Esp. Eduardo José Quaresma

JOÃO MONLEVADE

2018

**CLENILSON CRISTIANO MARTINS
VINICIUS DE OLIVEIRA SANTOS**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS COM
INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE BARRAGEM DE MINÉRIO DE FERRO
PARA CONSTRUÇÕES UNIFAMILIARES**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenheiro Civil no curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

João Monlevade, 05 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Eduardo José Quaresma - Orientador



Prof. Me. Maisa Comar Pinhotti Aguiar - Faculdade Doctum



Prof. Me. Rieder de Oliveira Neto - Faculdade Doctum

À Deus, que tem sido nossa companhia, e que nos dá a oportunidade de propor sempre um novo mundo de possibilidades.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, maior mestre que pudemos ter, permitindo que todos os obstáculos fossem vencidos durante de nossa caminhada até aqui, por nos conceder a saúde e a força necessária para superá-los.

À nossas famílias, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, vocês foram nossos pilares durante o período da graduação.

À Faculdade Doctum e ao Prof. Me. Eduardo José Quaresma, orientador deste trabalho, aos demais professores, coordenação e administração por nos proporcionar o conhecimento, oportunizando vislumbrar um horizonte superior, a estes, o nosso eterno agradecimento.

Aos amigos de sala que sempre nos ajudaram quando necessário, em especial a Gabriel Cadeira Gomes e Marcus Vinicius Mendes Lage.

Ao nosso trabalho em equipe, que proporcionou que, juntos, conseguíssemos realizar o trabalho de conclusão de curso com muita luta e dedicação.

Ademais, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa realização desse trabalho, o nosso muito obrigado.

**“ Semeai a educação e a sustentabilidade
pois essas são as estradas que levam ao
futuro perfeito e eterno. ”**

Jorge Clésio

RESUMO

Atualmente, a busca pela sustentabilidade se encontra em vigor. A sociedade tem a necessidade de procura por uma melhor qualidade de vida, tendo como objetivo a busca pelo bem-estar das gerações futuras. Com isso, os estudos relacionados ao conceito de sustentabilidade são cada vez maiores, e com isso novos recursos capazes de reeducar a realidade social no que se refere ao meio ambiente. Assim, o tijolo ecológico é uma grande revolução no setor de construção devido ao seu método de fabricação não poluente. O método construtivo pode chegar a ser até 30% mais rápido do que os tijolos convencionais, sua resistência chega a ser duas vezes maior do que a dos tijolos cerâmicos e a economia final da obra chega em torno de 40%. Ademais, como um recurso adicional a confecção de tijolos ecológicos, levando em consideração ao grande volume de rejeitos gerados pelas mineradoras, para o qual é necessária à construção de grandes contenções para acumulação do rejeito do minério (barragens), foi realizado o estudo da viabilidade técnica para a fabricação do tijolo ecológico com incorporação do rejeito de barragens de minério de ferro e aplica-lo na construção de casas populares.

Palavras chave: Tijolo ecológico. Sustentabilidade. Rejeito. Viabilidade. Economia.

ABSTRACT

Currently, the quest for sustainability is in place. Society has the need to search for a better quality of life, aiming the search for the well-being of future generations. With this, the studies related to the concept of sustainability is increasing, and with this new resources able to reeducate the social reality with regard to the environment. Thus, ecological brick is a major revolution in the construction industry because of its non-polluting manufacturing method. The construction method can be up to 30% faster than conventional bricks, its resistance is twice as great as that of ceramic bricks and the final cost of the work is around 40%. In addition, as an additional resource to build ecological bricks, taking into account the large volume of tailings generated by the miners, which is necessary for the construction of large containments of ore tailings (dams), a feasibility study technique for the manufacture of the ecological brick with incorporation of the waste of iron ore dams and applies it in the construction of popular houses.

Keywords: Ecological brick. Sustainability. Reject. Viability. Economy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cidade de Jerico – Tijolo solo compactado.....	16
Figura 2 – Exemplo de instalação hidráulica.....	20
Figura 3 – Exemplo de instalação elétrica.....	20
Figura 4 – Tipos de tijolos ecológicos	21
Figura 5 – Tipos de tijolos ecológicos solo e cimento	22
Figura 6 – Tipos de tijolos ecológicos com resíduos de construção.....	23
Figura 7 – Tipos de tijolos ecológicos com resíduos industriais.....	24
Figura 8 – Tipos de tijolos ecológicos com resíduos plásticos	25
Figura 9 – Tipos de tijolos ecológicos com cinzas do bagaço de cana de açúcar	26
Figura 10 – O que é barragem	28
Figura 11 – Impacto a comunidade de Paracatu de baixo distrito de Mariana -MG ..	29
Figura 12 – Impacto a comunidade de Bento Rodrigues distrito de Mariana-MG	30
Figura 13 – Separação dos resíduos e peneiramento.....	32
Figura 14 – Homogeneização dos resíduos de barragem, cimento e água.	32
Figura 15 – Modulação do tijolo ecológico.	33
Figura 16 – Cura do tijolo ecológico.	33
Figura 17 – Primeira fiada do tijolo ecológico.....	34
Figura 18– Tijolo tradicional x tijolo ecológico.	36
Figura 19– Vista aérea de barragem de rejeito de minério identificando os pontos de coleta da matéria prima.	39
Figura 20 - Difração de raios X do rejeito de minério de ferro.	41
Figura 21 - MEV do rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF) 500x e 1000x.41	
Figura 22 - Distribuição granulométrica dos agregados.	42
Figura 23 - Distribuição granulométrica das partículas abaixo de 100 µm.	43
Figura 24 – Comparativo de produção entre tijolo ecológico X cerâmico.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Comparativo por m ² Tijolo ecológico X Tijolos convencionais.....	35
Tabela 02 - Resultado do ensaio de determinação do teor de umidade e massa específica dos agregados.....	43
Tabela 03 - Resultado do ensaio de determinação do teor de argilas em torrões dos agregados	43
Tabela 04 - Composição química do rejeito de barragem de minério de ferro.....	47
Tabela 05 - Resultados obtidos nos ensaios de absorção de água.	48
Tabela 06 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão	50
Tabela 07 - Comparativo de custo de parece acabada.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANITECO	Associação Nacional da Indústria do Tijolo Ecológico
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
RBMF	Rejeito de Barragem de Minério de Ferro
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SP	São Paulo
TCPO	Tabela de Composição e preços para Orçamentos
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNOESC	Universidade do Oeste de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVOS GERAIS	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	HISTÓRIA DO TIJOLO ECOLÓGICO PELO MUNDO	16
3.2	HISTÓRIA TIJOLO ECOLÓGICO PELO BRASIL	17
3.3	SUSTENTABILIDADE	18
3.3.1	O que é sustentabilidade	18
3.3.2	Sustentabilidade na construção civil	18
3.3.3	Tijolo Ecológico e sua importância para Sustentabilidade.	19
3.4	PRINCIPAIS TIPOS DE TIJOLOS ECOLÓGICOS	21
3.5	TIJOLOS ECOLÓGICOS COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE BARRAGENS	28
3.5.1	O que é barragem, e a geração de resíduos	28
3.5.2	O Impacto ao meio ambiente e comunidade	29
3.5.3	Conhecimentos sobre a existência da reutilização dos resíduos da barragem	30
3.5.4	Extração de resíduos de barragem para confecção de tijolo.	31
3.5.5	Processo de fabricação e cura.	31
3.5.6	O método construtivo.	34
3.6	COMPARATIVO DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS E TIJOLOS CONVENCIONAIS	35
4	METODOLOGIA	37
4.1	NORMAS VIGENTES PARA O TIJOLO ECOLÓGICO	38
4.1.1	Normas específicas para a fabricação de tijolos ecológicos ou solo-cimento	38
4.2	COLETA DO REJEITO DO MINÉRIO DE FERRO	39
4.3	MATERIAIS E MÉTODOS DA FABRICAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO	40
4.4	CARACTERIZAÇÃO DO REJEITO DO MINÉRIO DE FERRO	40
4.4.1	Caracterização química	40

4.4.1.1	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	41
4.4.2	Caracterização Física	42
4.5	METODO CONSTRUTIVO COM UTILIZAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO	44
4.6	ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSAO DO TIJOLO ECOLÓGICO E CERÂMICO.....	44
4.7	ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DO TIJOLO ECOLÓGICO E CERÂMICO	44
4.8	VIABILIDADE DO TIJOLO ECOLÓGICO.....	45
4.9	METODO DE FABRICAÇÃO DO TIJOLO CERÂMICO	46
4.9.1	Separação de matéria-prima	46
4.9.2	Homogeneização da massa	46
4.9.3	Modulagens das peças	46
4.9.4	Tratamento térmico	47
4.9.5	Resistência	47
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	48
5.1	ENSAIOS TECNOLOGICOS.....	48
5.1.1	ANALISE DA CARACTERIZAÇÃO DO RBMF (REJEITO DE BARRAGEM DE MINÉRIO DE FERRO).	48
5.1.2	ABSORÇÃO DE ÁGUA	48
5.1.3	RESISTENCIA A COMPRESSÃO	49
5.1.4	DURABILIDADE	50
5.2	ANALISE COMPARATIVA TIJOLO ECOLÓGICO X TIJOLO CONVENCIONAL.....	51
5.2.1	COMPARAÇÃO TESTES DE RESISTÊNCIA	51
5.2.2	COMPARAÇÃO NA OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA	51
5.2.3	COMPARAÇÃO DO MÉTODO DE FABRICAÇÃO	51
5.2.4	COMPARAÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO	53
5.3	VIABILIDADE FINANCEIRA DA UTILIZAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO	53
6	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	57
	ANEXO(S)	63
	ANEXO 1	63

ANEXO 2	65
ANEXO 3	66
ANEXO 4	68

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores fatores que dificultam a questão da sustentabilidade na construção civil é a falta de informações e conhecimentos específicos que visam o aproveitamento de materiais e, ainda, métodos construtivos sustentáveis. Ademais, o alto custo de alguns materiais e recursos usuais ou não sustentáveis pode desestimular proprietários com construções em andamento.

Devido ao constante crescimento da engenharia civil, gerou-se a necessidade de construções e métodos construtivos mais sustentáveis e econômicos, como objetivo de diminuir significativamente a geração de resíduos. Esse tema está em constante discussão, pois ao mesmo tempo em que gera benefícios ao meio ambiente; é algo diferente e inovador que causa receio nas pessoas envolvidas nas causas (STEPHANOU, 2013).

É necessária a identificação das características técnicas que classificam construções ecologicamente corretas, como: reaproveitamento de materiais, utilização de cimento e tijolos ecológicos, destinação de resíduos sólidos, reuso de água e afins.

A implementação da utilização dos materiais alternativos ainda se encontra em estágio inicial, com implicação de maior divulgação dos dados que mostrem sua eficiência e aplicação no mercado. É necessário um estudo criterioso para garantir a introdução do uso desses materiais no mercado da Construção Civil.

Um dos materiais em destaque no comércio de projetos prediais é o tijolo ecológico que é fabricado com métodos bem diferente aos tijolos cerâmicos. De forma resumida, a fabricação dos tijolos cerâmicos convencionais tem em seu processo de fabricação a necessidade de extração de matéria prima da natureza, como madeira e argila, tendo como consequência o desmatamento e a poluição do ar, em seu processo de cura; por outro lado, os tijolos ecológicos não são prejudiciais a natureza em seu processo de fabricação e nem em seu processo de cura, devido ao fato de que pode ser feito através de matérias alternativas que utiliza como agregado (cinzas de bagaço de cana de açúcar, solos e resíduos diversos) e então, são adicionados cimento e água, e em sua cura não é necessário o processo de queima. (DIAS,2007).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Relatar parâmetros e critérios que possam auxiliar na escolha de tijolos de alvenaria de vedação nas construções unifamiliares, para obter resultados sustentáveis e econômicos, através da inserção do tijolo ecológico no mercado, de modo que não haja alterações negativas sobre a finalidade e confiabilidade da estrutura final do projeto civil em questão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Expor os principais tipos de tijolos ecológicos existentes.
- Apresentar comparativos do tijolo tradicional e do tijolo ecológico.
- Relatar a importância da reutilização dos resíduos de minério de ferro para a utilização na área da construção civil.
- Estudo da viabilidade da construção unifamiliar com a utilização do tijolo ecológico produzido com rejeito de barragens de minério de ferro.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

No contexto atual, a sustentabilidade tornou-se uma prioridade em diversas áreas do mercado e, isso se torna popular em debates ao redor do mundo, para tornar o conceito de mundo sustentável uma realidade efetiva. No mercado da construção civil, materiais alternativos aos usuais estão sendo testados utilizados pelos engenheiros civis e arquitetos. Ser sustentável não é somente a preocupação com o meio ambiente, é nos preocuparmos com o nosso futuro e o futuro das próximas gerações. No Brasil, é realizado estudos na área de novos materiais e tecnologias para a utilização na construção civil com objetivo de diminuir os custos, sem alterações de qualidade ao finalizado o projeto. (ANITECO, 2015).

3.1 HISTÓRIA DO TIJOLO ECOLÓGICO PELO MUNDO

O tijolo ecológico surgiu através de um processo que tem constante evolução há milhares de anos; há aproximadamente 10.000 anos, a cidade de Jericó, conforme figura 1, foi construída com a utilização do tijolo ecológico, porém utilizava-se em sua composição dejetos vegetais e também urina animal (ANITECO, 2015).

Figura 1 – Cidade de Jerico – Tijolo Solo Compactado



Fonte: RECANTO DO ESCRITOR (2017)

Ao passar dos anos, o homem procura por novas alternativas para a construção que, possam diminuir os impactos ambientais causados por ela, desde a retirada de matéria prima até os acabamentos da obra. Por essa causa, é necessário obter conhecimento no qual seja relevante para vencer um dos maiores obstáculos. (ANITECO, 2015)

A diminuição de desperdício de material, a procura por excelência das gestões construtivas e o grande avanço das tecnologias atribuídas à construção civil, são fatores que influenciam diretamente na movimentação do mercado e o deixou mais competitivo. Um dos grandes desafios da construção civil, é o fator da sustentabilidade, o que leva, as empresas pesquisarem maneiras e recurso arquitetônicos em uma perspectiva mais eficiente e tecnológica. (ANITECO, 2015).

3.2 HISTÓRIA TIJOLO ECOLÓGICO PELO BRASIL

O tijolo é a matéria prima básica nas construções, das mais simples às mais elaboradas. É conhecido por muitos apenas por tijolo, mas há alguns anos foi acrescentada ao seu nome: ecológico. Com o crescimento da consciência ambiental, o tijolo ecológico modular obtém destaque por menor agressão ao meio ambiente em sua fabricação. Foi desenvolvida no ano de 1940 a fabricação de tijolos ecológicos no Brasil, mas só no ano de 1970 que foi desenvolvida a produção de tijolos de baixo custo através desse tipo de fabricação. (ANITECO, 2015).

Durante um período de tempo, essa técnica foi bem-sucedida, porém, foram feitos estudos no ano de 1941 para ver a estabilização com blocos e paredes de cimento. Em 1941, foi desenvolvido na estrada de Areis do estado de São Paulo até Caxambu em Minas Gerais, um trecho experimental com a utilização dos tijolos ecológicos, logo depois em Alcântara e em João pessoa na Paraíba. De 1942 a 1943 foi construída a pista de aviação em Pernambuco, e na Bahia no ano de 1944 foi construída a casa de bomba no aeroporto de Santarém no qual foi finalizada em 1945, em Petrópolis, de 1949 a 1950 foi executada a obra do hospital Adriano Jorge de serviço nacional de Tuberculose, com seu excelente funcionamento, e suas paredes constituídas em solo-cimento. Em 1958 no Rio de Janeiro foi construído um conjunto de residências, sendo que recebeu em seguida mais um pavimento. Desde

1940 foi construído no Brasil com este material cerca de 110 milhões de m², atrás somente dos Estados Unidos da América (ANITECO, 2015).

3.3 SUSTENTABILIDADE

3.3.1 O que é sustentabilidade

A sustentabilidade é um tema que é citado nas mídias com grande frequência, no qual revela ser uma preocupação nos dias atuais e no futuro do planeta. Ao longo dos séculos, o homem busca os recursos naturais da terra sem se preocupar em recuperar o estrago causado para sua atividade. Observa-se, ainda, que a maioria das grandes empresas prezam somente em obter grandes lucros e não se preocupam com futuras gerações. (FOGAÇA, 2015).

Sustentabilidade está relacionada ao desenvolvimento sustentável, constituído por ideais, atitudes e estratégias ecológicas, sendo ela viável economicamente e socialmente justa e cultural. Constitui em métodos alternativos para garantir a sobrevivência dos recursos naturais do planeta, (SIGNIFICADOS, 2015).

3.3.2 Sustentabilidade na construção civil

O setor de construção civil conta com aumento constante e exponencial de demanda ao passar dos anos. O setor produz umas das principais taxas de utilizações de recursos naturais, que chega a 50%. Na procura de diminuir os impactos ambientais, surge o modelo da sustentabilidade na construção civil. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

O que se pode notar atualmente, é que, a população como um todo, está preocupada com as questões ambientais e com uma melhor qualidade de vida. Dito isso, é um ponto forte que cresce na área de engenharia civil. (SIENGE, 2015).

Nesse sentido, possui algumas alternativas para modelar uma construção sustentável como ecologicamente correta, como:

- Utilização de materiais de construção com pouco ou nenhum impacto ambiental;

- Ter uma boa gestão relacionada aos rejeitos e desperdícios de uma obra;
- Busca por material alternativo como a aplicação de telhado verde;
- Utilizar fontes de energias renováveis;
- Na fase de construção e pós construção, elaborar o ambiente a ser construído com o máximo de teor de luminosidade natural;
- Visar alternativas como isolamento de calor;
- A reutilização do máximo de água possível utilizada na obra;
- Ventilação adequada e confortável para evitar aparelhos que refrigeram através do uso de energia elétrica;

3.3.3 Tijolo Ecológico e sua importância para Sustentabilidade.

O tijolo ecológico é um produto em conformidade ao objetivo de desenvolvimento sustentável, que incentiva a função de diferentes técnicas e opção para descartar o uso de produtos que atacam o meio ambiente. Os tijolos comuns, construídos a partir de argila (material, na maioria, comum), têm um processo de fabricação que tem o cozimento durante 3 (três) dias em fornalhas, que usam combustíveis como a madeira, pó de serragem e lixo. Esse processo de queima gera gases ofensivos ao meio ambiente. Por sua vez, os tijolos ecológicos têm sua fabricação inovadora e não nociva ao meio ambiente, por se utilizar de reaproveitamento de resíduos e, ainda, tem a facilidade do auto encaixe. Isso faz com que seja utilizada pouca argamassa para construir as fiadas da parede, que tem um perfeito alinhamento, com isso tem a possibilidade de acabar, em alguns casos, a utilização de qualquer tipo de acabamento. (PENSAMENTO VERDE,2013).

Eles contem furos para melhor dimensionamento para projetos hidráulicos, elétricos e a construção de pilares, conforme Figura 2 e 3, demonstra os furos normatizados de grande importância na funcionalidade para construção das vigas, e sob medida tem como opcional a utilização do meio do tijolo para utilização como por exemplo em assentamento de portas e janelas. (SAHARA,2011).

Figura 2 – Exemplo de instalação hidráulica



Fonte: SAHARA (2011)

Figura 3 – Exemplo de instalação Elétrica



Fonte: SAHARA (2011)

Os tijolos ecológicos possuem testes em laboratório realizados conforme as Normas Brasileiras de Resistência à Compressão e da Absorção D'água (NBR 10836/94). (PENSAMENTO VERDE,2013).

3.4 PRINCIPAIS TIPOS DE TIJOLOS ECOLÓGICOS

A necessidade de inclusão de novos produtos e métodos de construção sustentáveis faz com que os profissionais envolvidos busquem adotar iniciativas para inclusão de novas tecnologias construtivas com criatividade e com foco na segurança e sustentabilidade. Dentro dessa necessidade, ocorre a incorporação de vários resíduos diferentes na composição dos tijolos ecológicos. (ALBUQUERQUE, 2016).

Os tipos de resíduos incorporados ao tijolo ecológico podem ser variados porque os resíduos sólidos utilizados em várias atividades diferentes, conforme Figura 4, que demonstra a utilização de vários métodos de reaproveitamento de material para fabricar um tijolo ecológico. Com isso pode se transformar necessidades ecológicas em ativos econômicos, tendo basicamente a inclusão de cimento e água em seu processo de fabricação, com foco final na sustentabilidade e destinação de rejeitos resultantes dessas atividades produtivas variadas. (ALBUQUERQUE,2016).

Figura 4 – Tipos de Tijolos Ecológicos



Fonte: SUSTENTARQUI (2017)

O tijolo solo cimento é idealizado com o solo que é sua principal matéria prima que deve seguir alguns critérios na escolha do tipo de solo, pois é de grande importância devido ao fato de ser um componente de maior quantidade no processo

e que tem grande influência na qualidade e no custo final do tijolo produzido. (PECORIELLO,2004).

Segundo Pecoriello (2004), os solos mais adequados são os arenosos, porém devem conter um teor mínimo de silte e argila. Os solos com as especificações abaixo são apropriados para a fabricação do tijolo solo-cimento, conforme a Figura 5.

- Teor de areia: superior a 50%
- Teor de silte: 10 a 20%
- Teor de argila: 20 a 30%
- LL (Limite de Liquidez) 45%
- IP (Índice de Plasticidade) 18%

Figura 5 – Tipos de Tijolos Ecológicos Solo e Cimento



Fonte: ECOMAQUINAS (2016)

Para verificar se os requisitos de um determinado solo atendem as especificações são realizados em laboratório os ensaios de granulometria, sedimentação e dos limites de plasticidade e de liquidez. (PECORIELLO,2004).

É utilizado o cimento Portland comum, que é recomendado pela NBR 8491, à água para a mistura deve ser potável. (PECORIELLO,2004).

O tijolo ecológico com incorporação de resíduos de construção conforme a Figura 6; veio com o surgimento da ideia de utilização desses resíduos na confecção dos tijolos, veio após a constatação de que os solos arenosos são os mais indicados para a obtenção dos tijolos, com isso após processos de britagem, obtemos um material granular no qual as suas características granulométricas assemelham-se as de uma areia grossa. (SOUZA,2006).

Figura 6 – Tipos de Tijolos Ecológicos Com Resíduos de Construção



Fonte: SOUZA (2006)

Segundo testes realizados no campus da UNESP em Ilha Solteira no estado de São Paulo, o melhor resultado deu-se com a agregação de resíduos de concreto na confecção dos tijolos, no qual obteve uma melhor performance no quesito das propriedades de resistência e absorção do tijolo acabado, que traz resultados satisfatórios e muito melhores do que regem a ABNT. O aproveitamento dos resíduos de concreto na confecção dos tijolos, também foi observado como um ponto positivo nos testes, e nos pontos onde se tinha maior concentração de resíduos de concreto a resistência foi maior, assim, a sua produção, no qual viabiliza uma opção técnica de baixo custo, o que é uma ótima e viável opção para desenvolvimento social e sustentável. (SOUZA, 2006).

Os tijolos ecológicos com a resíduos industriais variados, conforme Figura 7, foi um projeto realizado pelo aluno Robin Alex Reyes Zanotti da Unoesc, no qual faz a utilização de resíduos industriais para a confecção de tijolos ecológicos. São vários tipos de materiais utilizados como: pó de granito, porcelanato e mármore, resultantes do processo da atividade industrial (BARIVIERA, 2014).

Figura 7 – Tipos de tijolos ecológicos com resíduos industriais



Fonte: BARIVIERA (2014)

Os materiais são descartados em aterros de resíduos industriais, e é dada a destinação correta após a separação. Empresas parceiras pagam um alto valor para obter os materiais e destinarem às suas fabricas para a produção, com a redução dos materiais despejados na natureza, aumenta-se as áreas para plantações visto que a área que era necessária para o despejo dos rejeitos pode ser cultivada para outra finalidade. (BARIVIERA, 2014).

O tijolo fabricado com resíduos plásticos, conforme Figura 8, reduz o volume que iria ser descartado em aterros sanitários e até em oceanos, é utilizado para construção de casas. De acordo com a empresa Presanella Building System, o material permite que a construção seja realizada em um menor tempo comparado

com os métodos tradicionais, além de ter um custo menor, que garante assim mais economia e agilidade às obras (CAMARGO, 2017).

Figura 8 – Tipos de tijolos ecológicos com resíduos plásticos



Fonte: SUSTENTARQUI (2017)

Um exemplo prático: para uma edificação de 80 m², são necessárias cerca de 2,5 toneladas de plástico. O tijolo de plástico importado pelo Brasil é fabricado no Paraguai, o produto não é comercializado avulso, somente lote de um projeto completo e, ainda, a empresa cita que o tijolo plástico tem o mesmo formato da alvenaria comum, porém é utilizado um cimento especial para aumentar o isolamento acústico e térmico da construção (CAMARGO, 2017).

Outro tipo de tijolo ecológico é o que se confecciona aproveitamento das cinzas do bagaço de cana de açúcar, conforme Figura 9 vem sendo utilizado no estado de Alagoas para substituir o cimento para fabricar tijolos mais resistentes, ecológicos e com preço mais acessível (LIRA, 2018).

Figura 9 – Tipos de tijolos ecológicos com cinzas do bagaço de cana de açúcar



Fonte: GLOBO (2018)

Segundo Lira (2018), a cana de açúcar traz vários benefícios para a população em outros aspectos. Também o produto está com ótimas perspectivas no ramo da construção civil, as cinzas resultantes dos processos produtivos, normalmente são utilizadas como fertilizantes em lavouras, agora poderão ser utilizadas na construção para substituir a areia que, na maioria das vezes, é retirada de rios.

Testes realizados pela UFSCar indicaram que a substituição da areia natural em até 30% leva a um aumento considerável na durabilidade de concretos e argamassas. (LIRA, 2018).

Foi realizado uma pesquisa em relação ao tijolo solo-cimento com a adição de cinzas de carvão mineral e casca de arroz, com isso através dos estudos foi baseado a composição de alguns solos com a inserção de pozolanas do tipo cinzas de carvão mineral (resíduo resultante da queima do carvão mineral), e cinzas de casca de arroz (resíduo resultante da queima da casca de arroz), o objetivo do

estudo seria a utilização do material na composição do agregado para fabricação de tijolos ecológicos (CALDAS E CLAVIJO,1994).

Em estudo realizado para inclusão de resíduos de madeira (serragem), resulta em uma mistura de solo-cimento com serragem para confecção de tijolo ecológico, nota-se que para solos com maior granulometria ou arenosos, obteve-se uma maior resistência até certo teor, para os solos finos ocorre uma menor resistência, porém, após análises foi constatado que a inclusão da serragem não resultou um grande aumento na resistência e apresentou valores abaixo dos exigidos pelas ABNT. (SILVA,2005).

Foram realizados estudos com adição de resíduos agrícolas em tijolos ecológicos. Obtinha-se como objetivo principal a determinação com teores mais altos com as cascas da semente do capim braquiária para serem utilizados para a substituição de estabilizante, que pode deixar o tijolo mais leve. (SILVA, 2005)

Dentro das vantagens da utilização dos tijolos ecológicos está a diminuição poluição ao meio ambiente porque não necessita cozimento em fornos como os tijolos cerâmicos que para sua fabricação é utilizado 12 árvores para cada milheiro do tijolo. (GUIMARÃES, 2014)

Assim sendo, ele ainda gera muito menos entulho. Tem uma durabilidade superior que pode chegar até 6x mais do que o tijolo comum. Possui um excelente isolamento térmico e acústico. A agilidade na construção proporciona ótimo acabamento, conta com superfícies lisas, sendo que se pode dispensar a utilização de acabamentos como reboco e até mesmo pintura. Tem uma maior uniformidade de distribuição de cargas ao longo de sua construção, para a instalação elétrica e hidráulica ele conta com ótimo recursos: por possuir furos originalmente estruturais, pode-se instalar essas estruturas sem haver perfurações e quebras na obra, o que otimiza tempo e economiza material. Na obra será reduzido até 80% com cimento, e armação em até 50%, que pode chegar até 100%, em madeira, reduz a carga da estrutura que pode ajudar na fundação. (SUA OBRA, 2016).

Entre as desvantagens, temos o assentamento, que necessita de mão de obra qualificada: ele tem uma ação muito ágil em relação à capilaridade da água, com isso, é necessário realizar impermeabilização. Para realizar reforma, ele possui restrições para modificação de suas estruturas, pois possui pouca resistência em suas quinas. (SUA OBRA, 2016).

3.5 TIJOLOS ECOLÓGICOS COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE BARRAGENS

3.5.1 O que é barragem, e a geração de resíduos

A barragem de rejeitos é uma estrutura feita para a acumulação dos dejetos naturais da mineração, conforme a Figura 10. O rejeito é o material que sobra quando se separa o minério de ferro do solo. A barragem atua como um bloqueio, em que são depositados os resíduos. À medida que o rejeito é aplicado, a matéria sólida se acomoda no fundo da barragem. A água decantada na parte sublime é então drenada e tratada, de acordo com função sendo reutilizada no meio ambiente. Com o passar dos anos, o resíduo da barragem enderece, até parar de receber rejeitos. (SAMARCO, 2016).

Figura 10 – O que é Barragem



Fonte: SAMARCO (2016)

Os rejeitos são os resíduos dos processos submetidos em minas de mineração. Como a minas de minérios tem como ponto forte a grande produção, é gerada uma grande quantidade de rejeitos. Esses rejeitos ficam alojados em barragens de superfícies, cavidades subterrâneas ou em ambientes onde contém muita água (BOSCOV, 2008).

A principal característica de uma barragem de rejeito é a retenção de grandes quantidades de resíduos ao longo tempo, que visa a diminuição de gasto no

processo de extração do minério. Com isso, um dique é construído parcialmente e a barragem tem alteamento ao longo de sua duração, com a opção de ser construída de material compactado em área de empréstimos ou até mesmo com seu próprio rejeito. (DUARTE, 2008).

3.5.2 O Impacto ao meio ambiente e comunidade

O maior dano ambiental já registrado no Brasil na história dos rompimentos de barragens ocorreu em Mariana-MG, com a barragem de rejeitos de Fundão, no qual vários vilarejos próximos foram totalmente destruídos conforme Figura 11 e 12, e o rejeito chegou a atingir o Oceano Atlântico. (SANTOS, 2015).

Figura 11 – Impacto a comunidade de Paracatu de baixo distrito de Mariana -MG



Fonte: AUTOR (2018)

Figura 12 – Impacto a comunidade de Bento Rodrigues distrito de Mariana-MG



Fonte: CAMARGO (2017)

Conforme Soares (2015) as consequências do dano ambiental demonstram que existe uma urgência para que seja realizado uma revisão de alguns processos da atividade mineradora, para buscar alternativas que garantam uma maior segurança, conseqüentemente uma maior preservação do meio ambiente. Nesse sentido, trabalhos realizados anteriormente com o intuito de verificar a aplicabilidade do rejeito de barragem de minério de ferro.

3.5.3 Conhecimentos sobre a existência da reutilização dos resíduos da barragem

Fontes (2013), o utilizou como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento que relata a viabilidade de importância econômica na utilização desse agregado em argamassas que tem como ênfase a importância da diminuição de gastos direcionados ao impactos ambientais e diminuição de custos da manutenção das barragens de contenção.

Sant'Ana Filho (2013), realizou uma pesquisa relacionada ao reaproveitamento de resíduos das barragens de minério de ferro para fabricação de blocos Inter travados.

Bastos (2013), realizou um estudo com o reaproveitamento de resíduos das barragens de minério de ferro como matéria prima para infraestrutura rodoviária.

Todos obtiveram ótimos resultados, no qual comprova que o RBMF tem diversas aplicações na indústria da construção civil.

3.5.4 Extração de resíduos de barragem para confecção de tijolo.

Na sua confecção, é necessário ter a matéria prima, com isso, é realizado um estudo para se retirar o rejeito de lama nas barragens, depois desse processo, é efetuada a extração do resíduo da barragem “in nature”, logo após, é encaminhada a matéria prima para a fábrica, para retirar toda agua do rejeito em estufas e o procedimento de fabricação. (BRAGON,2015).

O resíduo da barragem é analisado, de acordo com os critérios necessários a serem atendidos para que seja utilizado como matéria prima. Após realizada a análise do material, é feita a extração desse material na barragem determinada por empresa especializada, que visa diminuir o risco de acidente ambiental, para que seja utilizado na confecção do tijolo. Já na fábrica, são realizados novos estudos e o material enfim é preparado para ser transformado em matéria prima, através de um processo de secagem (SANT'ANA FILHO,2013).

3.5.5 Processo de fabricação e cura.

Morais (2014) discorre que atualmente temos três tipos de tijolos ecológicos, são eles, tijolo inteiro, tijolo meia, tijolo canal.

Em relação ao processo de fabricação do tijolo ecológico é feito uma mistura de solo (devidamente preparado), cimento, e a adição de água, em comparação com a fabricação dos tijolos tradicionais o tijolo ecológico é menos poluente (PISANI, 2005).

Desde o início, para a fabricação, é realizada a seleção do tipo de solo, ou resíduo que será utilizado, essa seleção pode ocorrer de várias formas no qual depende do tipo do resíduo a ser incorporado no processo de fabricação, essa separação pode ser feita manual ou mecanizada, conforme Figura 13.

Figura 13 – Separação dos resíduos e peneiramento



Fonte: CAMILO (2017)

Toda essa separação envolve um processo de retirada dos pedregulhos através de peneiramento e separação do solo de qualquer impureza ou corpos estranhos, logo após ocorre o processo de trituração dos agregados graúdos do solo para formar um composto uniforme, após isso, é feito o processo de homogeneização dos compostos, solo, cimento e água conforme Figura 14. (PISANI, 2005).

Figura 14 – Homogeneização dos resíduos de barragem, cimento e água.



Fonte: (CAMILO, 2017)

Logo após esse processo, é aplicada a mistura em moldes para ser prensado, todo o processo é realizado de acordo com a especificação solicitada pelo técnico responsável, conforme Figura 15. (CAMILO, 2017).

Figura 15 – Modulação do Tijolo Ecológico.



Fonte: CAMILO (2017)

A cura é realizada em galpões cobertos durante 28 (vinte e oito) dias para atingir a resistência ideal para utilização de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes, conforme a Figura 16. (CAMILO, 2017).

Figura 16 – Cura do Tijolo Ecológico.



Fonte: ECOMAQUINAS (2015)

3.5.6 O método construtivo.

O método construtivo para uma construção unifamiliar consiste em; tendo a planta baixa em mãos, realizar primeiramente o nivelamento do solo (para receber a viga baldrame totalmente nivelada) de acordo com as especificações técnicas do tijolo ecológico. A primeira fiada é a parte mais importante do projeto, por isso, deverá ser criteriosa. Após deve ser aplicado impermeabilizante asfáltico para o assentamento da primeira fiada, nessa primeira fase de execução, não podem ocorrer erros, pois isso pode comprometer todo o projeto. O tijolo deve ser assentado com uma camada fina de argamassa que estabelece a folga de 1 a 2 mm de um tijolo para o outro para que ocorra dilatação e retração. De metro em metro devem ser colocadas as barras de aço juntamente com o graute para dar resistência a sua estrutura que descarta a utilização de pilares, conforme Figura 17. (JARFEL, 2016).

Figura 17 – Primeira fiada do tijolo ecológico.



Fonte: TRINDADE (2016)

3.6 COMPARATIVO DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS E TIJOLOS CONVENCIONAIS

Foi realizado um comparativo com diferentes materiais utilizados em construção de paredes em residências, como elementos de vedação ou estruturais, nesse estudo foram feitos comparativos entre tijolos convencionais e os tijolos solo-cimento, conforme Tabela 01.

Tabela 01- Comparativo por m² Tijolo ecológico X Tijolos convencionais

TIPO DO TIJOLO	VALOR POR M ² DA PAREDE ACABADA	VARIAÇÃO DE CUSTO EM RELAÇÃO AO TIJOLO ECOLÓGICO
TIJOLO ECOLÓGICO COM ACABAMENTO	R\$ 104,38	-
TIJOLO CERÂMICO 9 CM COM ACABAMENTO	R\$ 115,18	10,4%
TIJOLO CERÂMICO 15 CM COM ACABAMENTO	R\$124,72	19,5%
BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL COM ACABAMENTO	R\$120,71	15,6%

Fonte: TRINDADE (2016)

O tijolo ecológico tem uma maior facilidade de trabalhar com recortes e tubulações internas sem gerar entulhos quando comparado aos tijolos convencionais, porque contém perfurações originais de fábrica, que o tornam melhor utilizável e mais leve. Uns dos pontos mais fortes dos tijolos ecológicos é sua alta resistência a compressão, pois é maior do que aos tijolos convencionais. (SUA OBRA, 2016).

A produção dos tijolos ecológicos através de uso dos rejeitos da atividade de extração das minas reduziria a necessidade de barragens de rejeitos e como consequência maior segurança para as localidades próximas. Ainda existe o grande volume de extração de argila da natureza que traz impacto direto e o processo de cura dos tijolos convencionais que é realizado através da queima em fornos, como

consequência, leva o desmatamento desordenado e poluição do ar através do processo de queima, figura 18. (PENSAMENTO VERDE, 2013).

Figura 18– Tijolo tradicional x tijolo ecológico.



Fonte: TIJOLOINTELIGENTE (2018)

4 METODOLOGIA

Este trabalho é classificado de acordo com os processos adotados para seu desenvolvimento como; a sua característica quanto à natureza da pesquisa é considerada aplicada, uma vez que, tem como objetivo adquirir conhecimento para a futura aplicação prática (SILVA, 2004).

Quanto à abordagem, é classificada como quantitativa e qualitativa. A pesquisa quantitativa é aquela que quando demonstra resultados podem ser interpretados por informações numéricas, que pode ainda, obter tratamento estatístico para análise dos dados alcançados, já a metodologia qualitativa é considerada quando existe uma junção da realidade e o objeto em estudo. (SILVA, 2004).

No caso dos objetivos, o estudo é considerado como explicativo, por contribuir para a solução de uma dificuldade real, observa-se que os fatores que ajudam para o caso em estudo, frisa-se que o conhecimento preciso está baseado nos resultados realizados pelos estudos explicativos. (GIL, 2002).

Segundo os procedimentos técnicos, a análise caracteriza-se como: documental, bibliográfica e experimental. Estes que estarão descritos a seguir. Por ser feita com elementos e observações sem tratamento crítico, por meio de registros dispersos e de diferentes tipos, esta pesquisa então é reconhecida como documental. (SILVA, 2004).

Já o estudo bibliográfico caracteriza-se pela produção de um trabalho orientado por princípios publicados em artigos científicos e livros de autores renomados e especialistas no quesito construção civil sustentável, no qual possibilita por isso ampla cobertura de investigação e pesquisa. Boa parte dos conhecimentos é definida como estudo bibliográfico. (GIL, 2002).

A pesquisa segue metodologia experimental, porque implica em estabelecer um objeto de estudo, escolher as condições que fossem capazes de influenciá-lo, estabelecer as formas de gestão e de observação dos efeitos produzidos no objeto. Assim, tornam-se fonte de educação disponível para testar casos e dar relações de causa e efeito entre as variáveis. (GIL, 2002).

A conclusão de pesquisa foi embasada em ensaios apresentados por Dannilo Júnior Guimarães Barbosa (2017), Fabrício Moura Dias (2017) e Ricardo André Fiorotti Peixoto (2016).

4.1 NORMAS VIGENTES PARA O TIJOLO ECOLÓGICO

A associação brasileira de normas técnicas (ABNT) estabelece normas e procedimentos a serem seguidos para manter a qualidade do produto acabado e segurança das obras no qual é utilizado o tijolo.

4.1.1 Normas específicas para a fabricação de tijolos ecológicos ou solo-cimento

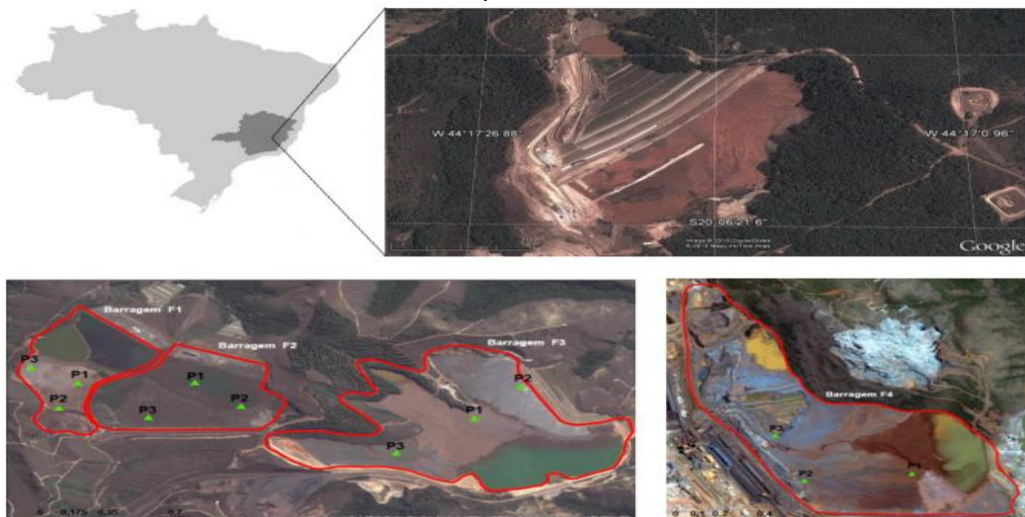
- ABNT NBR 8491:2012 - Tijolo de solo-cimento — Requisitos.
Esta Norma estabelece os requisitos para o recebimento de tijolos de solo-cimento.
Esta Norma se aplica aos tijolos de solo-cimento destinados à execução de alvenaria sem função estrutural em obras de construção civil.
- ABNT NBR 8492:2012 - Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio.
Esta Norma estabelece o método para análise dimensional, determinação da Resistência à compressão e da absorção de água em tijolos de solo-cimento para alvenaria sem função estrutural.
- ABNT NBR 10833:2012 Versão Corrigida:2013 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica.
- NBR12023 de 08/2012 Solo-cimento — Ensaio de compactação
Esta Norma estabelece os métodos para determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca de misturas de solo e cimento, sem reuso do material, quando compactadas com energia normal.

- NBR12024 de 08/2012 Solo-cimento — Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos — Procedimento
Esta Norma estabelece os métodos para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos de solo-cimento. Esta Norma contém dois métodos, aplicáveis conforme a granulometria do solo: método A, para solos com 100
- ABNT NBR 12025:2012, Solo-cimento — Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos — Método de ensaio.
Esta norma estabelece o método de ensaio de resistência à compressão simples de corpos de prova cilíndricos de solo-cimento.

4.2 COLETA DO REJEITO DO MINÉRIO DE FERRO

Para a realização desse estudo, as amostras de rejeito utilizadas foram obtidas da atividade mineradora da região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais especificamente na cidade Igarapé, foi realizado a identificação da barragem com imagem de satélite, com isso, obteve-se o reconhecimento do campo e dos pontos de coleta com uso de um aparelho GPS. A Figura 18 faz a identificação e ilustra a localização da barragem de minério de ferro. Os pontos das coletas foram identificados em campo, e distribuídos pela lateral da barragem que foi amostrada, conforme figura 19, (FIOROTTI, 2016).

Figura 19– Vista aérea de barragem de rejeito de minério identificando os pontos de coleta da matéria prima.



Fonte: FIOROTTI (2016).

4.3 MATERIAIS E MÉTODOS DA FABRICAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO

Para a fabricação dos tijolos ecológicos foi substituído o solo natural pelo rejeito do minério de ferro. Foram utilizados 10% de cimento referentes à proporção em rejeito, com isso, o traço estabelecido é de 1: 10 (relação cimento-rejeito). Segundo Barbosa e Dias (2017), o método de fabricação dos tijolos ecológicos é muito simples, pois, realiza-se o processo de homogeneização e prensagem. Foram realizadas as seguintes etapas:

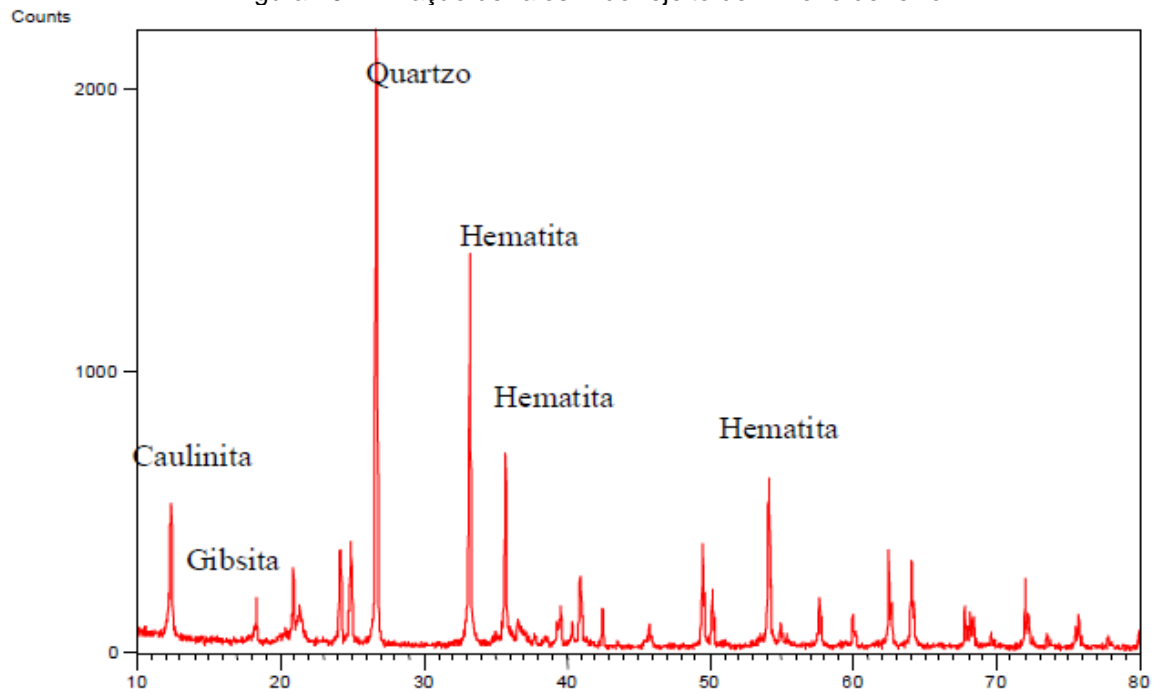
- Preparação do solo: é realizada a coleta; destorroar e peneirar o rejeito seco na peneira de 4,8 mm;
- Preparação da mistura: são adicionados o rejeito preparado e o cimento, que realiza a homogeneização dos materiais secos, com adição de água assim é feito a execução da mistura até uniformizar a umidade do solo;
- Moldagem dos tijolos: é realizada na prensa manual;
- Cura e armazenamento: Aos sete primeiros dias, os tijolos são mantidos úmidos através de umidificação e armazenados em galpões;

4.4 CARACTERIZAÇÃO DO REJEITO DO MINÉRIO DE FERRO

4.4.1 Caracterização química

Segundo Fiorotti, (2016) foi realizada a caracterização da composição química do material, através de difração de raios-X em um difratômetro do laboratório do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais-CEFET-MG, os resultados do rejeito indicaram os principais minerais; $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (Caulinita), SiO_2 (Quartzo); $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Gibsitita), Fe_2O_3 (Hematita), conforme Figura 20.

Figura 20 - Difração de raios X do rejeito de minério de ferro.

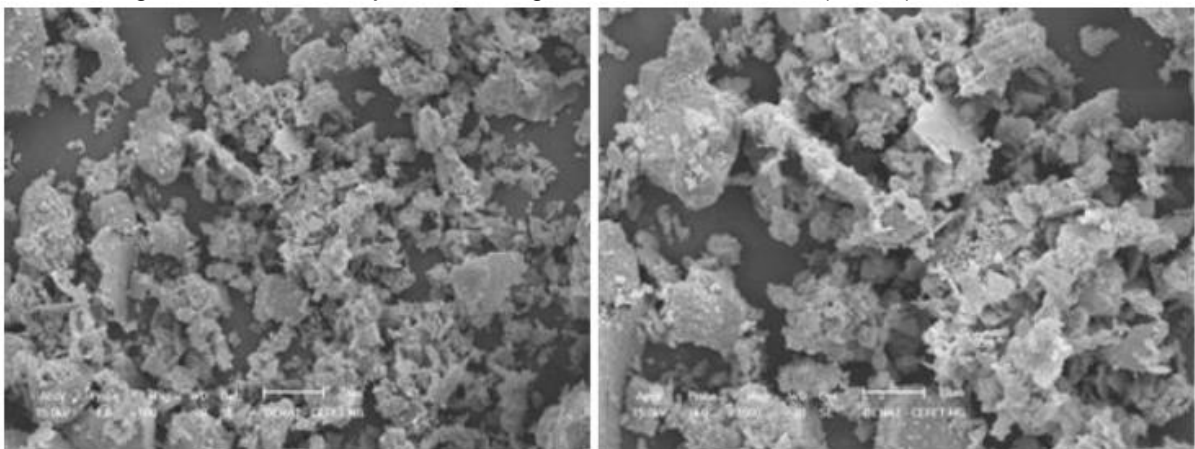


Fonte: FIOROTTI (2016)

4.4.1.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Foi realizado a análise morfológica conforme a Figura 21, das partículas através de microscopia eletrônica de varredura MEV, foi constatado que o material possui grande variação de tamanhos e com predominância de material fino, que possui uma grande quantidade de sílica e hematita. (FIOROTTI, 2016).

Figura 21 - MEV do rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF) 500x e 1000x.

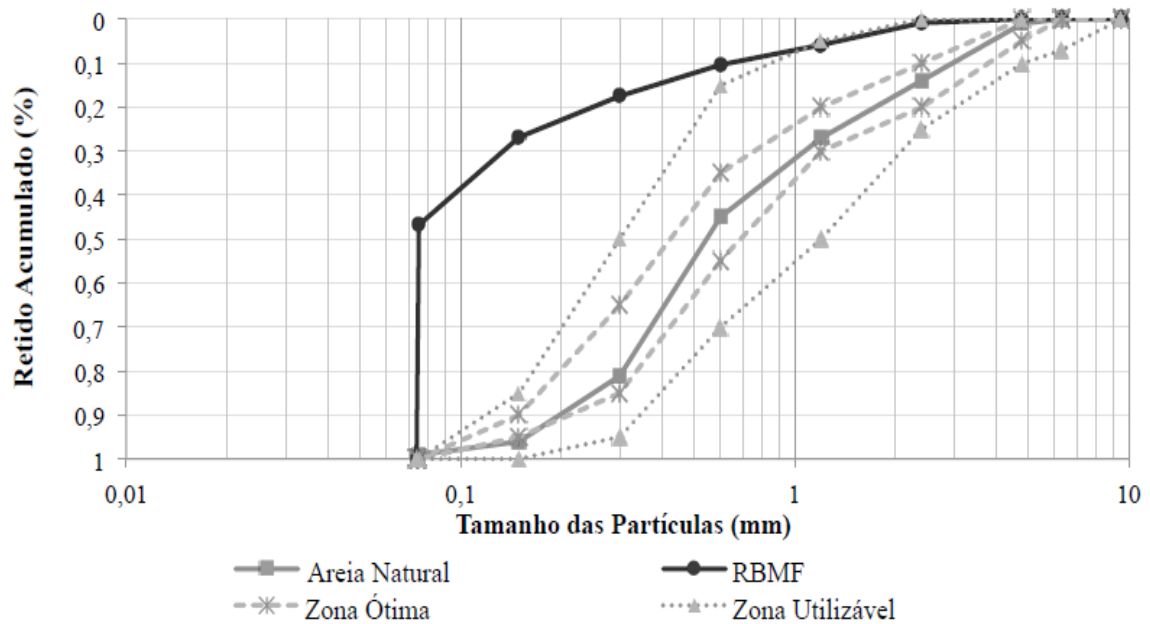


Fonte: FIOROTTI (2016)

4.4.2 Caracterização Física

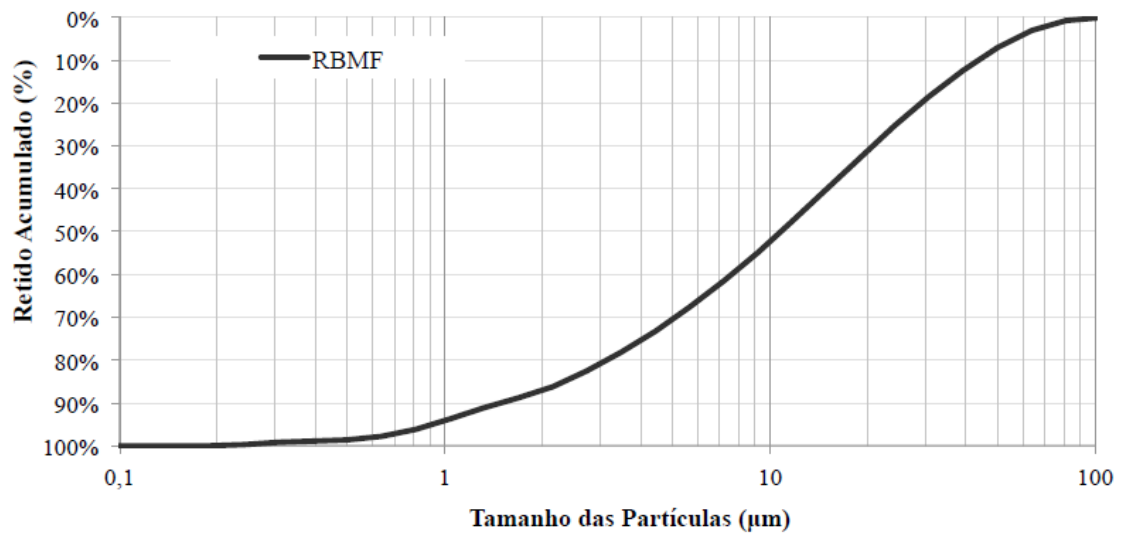
Segundo Fiorotti (2016), foi feita a distribuição granulométrica dos agregados e distribuição granulométrica das partículas abaixo de 100 μm , as características físicas do rejeito foram obtidas todas conforme atribuições da NBR NM-248:2003. Pode observar um alto índice formação de aglomerações, devido ao alto teor de finos do rejeito de minério, conforme a distribuição granulométrica dos agregados apresentado na Figura 22 e 23.

Figura 22 - Distribuição granulométrica dos agregados.



Fonte: FIOROTTI (2016)

Figura 23 - Distribuição granulométrica das partículas abaixo de 100 µm.



Fonte: FIOROTTI (2016)

Segundo Fiorotti, (2016), foram realizados ensaios para obtenção da massa específica e massa específica aparente, baseados conforme as NBR 9776:2003 e NBR 7251:1982. E a determinação do teor de umidade conforme a NBR 9939:2001, conforme Tabela 02.

Tabela 02 - Resultado do Ensaio de Determinação do Teor de Umidade e Massa Específica dos agregados

Agregado	Teor de Umidade (%)	Massa Específica (g/cm³)	Massa Específica Aparente (g/cm³)
Areia	0,183	2,66	1,457
RBMF	1,081	3,88	1,891

Fonte: FIOROTTI (2016)

O ensaio de determinação de argilas em torrões foi realizado nas amostras de agregados, natural areia e do rejeito de acordo com os parâmetros da NBR 7218:2010, conforme Tabela 03 (FIOROTTI,2016).

Tabela 03 - Resultado do Ensaio de Determinação do Teor de Argilas em Torrões dos agregados

Agregado	Materiais Friáveis
Areia	2,7
RMBF	98,0

Fonte: FIOROTTI (2016)

4.5 METODO CONSTRUTIVO COM UTILIZAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO

O tijolo ecológico é testado e aprovado pela a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), como são tijolos modulares, possui medidas e encaixes uniformes que facilitam a utilização em obras. Durante seu assentamento, é necessária somente argamassa especial feita com (solo + cimento + cola) que elimina a utilização da areia. No início da primeira fiada é importante, pois indica a posição exata de cada tijolo, onde é estabelecido o local dos grautes (localização dos ferros) para saber onde se assenta as portas e janelas. (SONNY, 2015)

Logo após do assentamento da primeira fiada, a superfície é limpa para receber a argamassa colante, aplica-se 2 (dois) filetes por fiada de forma não alternada e que não seja paralela para que a parede não fique desalinhada. Os tijolos devem ser assentados com cautela, sempre utilizando linha e prumo que acompanha as paredes na mesma direção. A utilização do meio do tijolo é para ser usado em terminos de paredes, que podem ser fabricados por máquina de corte ou pela forma, um dos principais pontos estruturais em uma construção são os pilares e as vigas; a construção com tijolo ecológico conta com a vantagem de poder embutir as colunas nas paredes, redução na mão de obra e materiais como madeira e concreto em excesso. (SONNY, 2015).

4.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSAO DO TIJOLO ECOLÓGICO E CERÂMICO

Barbosa e Dias (2017) realizou o ensaio de compressão dos tijolos ecológicos e do cerâmico de acordo com a NBR 8491, durante 7,14,21 e 28 dias de cura, para estes ensaios, foram necessários a realização do capeamento da face superior e inferior dos tijolos para que ficassem planos e a carga distribuída do teste de compressão ficasse uniformemente distribuídas.

4.7 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DO TIJOLO ECOLÓGICO E CERÂMICO

Barbosa e dias (2017) realizou o ensaio de absorção de água dos tijolos ecológicos e do cerâmico de acordo com a NBR 8491, durante 7,14,21 e 28 dias de

cura, com o objetivo de monitorar o comportamento dos tijolos fabricados. Para a realização desse ensaio, os tijolos devem ser secos em estufa durante 24 horas e depois pesados, logo após devem ser armazenados dentro da câmara úmida em um período de 24 horas, após essa etapa, é realizado a pesagem dos tijolos umedecidos, para ser verificada a absorção individual de cada tijolo (BARBOSA E DIAS, 2017).

4.8 VIABILIDADE DO TIJOLO ECOLÓGICO

O tijolo ecológico tem como uns dos principais pontos fortes, a segurança e a praticidade para a obra, que visa em atender as demandas exigidas. Para atender a demanda sobre sua fabricação, deve se respeitar as normas ABNT NBR-8492 (ABNT, 1982) denominada tijolo maciço de solo-cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção de água: método de ensaio e da norma NBR-8491 (ABNT, 1984) denominada tijolo maciço de solo-cimento: especificação.

Através de ensaio, pode se identificar que o tijolo solo-cimento é mais resistente do que a alvenaria convencional (onde sua resistência é de 20 kgf/cm²). (MOTTA, 2014).

O tijolo solo-cimento é melhor no quesito qualidade, na umidade de moldagem, modelo da prensa, proporção de solo-cimento, além de contém maior estabilidade. Tem maior resistência à compressão e durabilidade. (MOTTA, 2014).

Uns dos aspectos importantes a ser relatado sobre o tijolo ecológico é sua grande durabilidade e pouca manutenção, pois apresenta uma alta resistência, que pode até resistir por vários anos. (TEIXEIRA, 2012).

Foram apresentados testes sobre o tijolo solo-cimento no qual demonstraram uma ótima compactação relacionada ao teor e umidade para uma máxima projeção com maior densidade, de forma que se torna mais durável e resistente. (SOUZA, 2011).

O tijolo ecológico na sua fabricação não emite gases que podem causar efeitos estufas como os tijolos cerâmicos. Dessa forma contribui com a economia e preservação ambiental do país, com o ponto importante de reaproveitamento de materiais que podem ser aplicados na engenharia civil. (SANTOS, 2012).

4.9 METODO DE FABRICAÇÃO DO TIJOLO CERÂMICO

4.9.1 Separação de matéria-prima

No processo da separação da matéria-prima, são geralmente utilizados materiais naturais pela a indústria de cerâmica, que são localizadas em grandes depósitos ao redor do mundo. Logo após a retirada, os materiais precisam ser beneficiados, ou seja, moídos e peneirados de acordo com a granulometria. O método de fabricação só é iniciado após esses processos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, 2004).

4.9.2 Homogeneização da massa

Geralmente para a fabricação de tijolos cerâmicos são a partir de duas ou mais matérias, além disso, contem aditivos e água ou outro fator. No caso da cerâmica vermelha, é utilizada apenas argila como matéria-prima. Uma das etapas que é importante para a fabricação de tijolos cerâmicos é o processo de dosagem que deve compor rigorosamente as formulações da homogeneização, é devidamente separada cada tipo de mistura de acordo com a informação técnica a ser constituída e empregada para dar a modulagem da forma. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, 2004).

4.9.3 Modulagens das peças

Há variados processos de fabricação da modulagem do tijolo cerâmico, a escolha de uns deles depende de fatores importantes econômicos, das características e geométrica do produto final. Os processos para a fabricação são: colagem, prensagem, extrusão e torneamento. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, 2004).

4.9.4 Tratamento térmico

O processo de cozimento é importante para a fabricação do tijolo cerâmico onde esse tratamento necessita das etapas da secagem e da queima.

A secagem é a etapa onde o tijolo ainda contém água. Para evitar deformação do tijolo, é necessário retirar toda a água, de forma lenta e em temperaturas de 50°C a 150°C. A queima é o processo onde o tijolo adquire suas formas finais onde ele é colocado em fornos em temperatura de 1700° c. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, 2004)

4.9.5 Resistência

De acordo com NBR 7171, o bloco cerâmico para Alvenaria os tijolos cerâmicos devem atender no mínimo a resistência de 1,0 MPa.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

5.1 ENSAIOS TECNOLÓGICOS

5.1.1 Análise da caracterização do RBMF (Rejeito de barragem de minério de ferro).

Através dos testes foi identificado que o rejeito de minério de ferro é composto quase em seu total por óxido de ferro, mas possui também sílica em menor proporção conforme a Tabela 04. (FIOROTTI,2016).

Tabela 04 - Composição química do rejeito de barragem de minério de ferro

ELEMENTOS	REJEITO IN NATURA (%)
SiO ₂	7,12
Fe ₂ O ₃	92,32
SO ₃	0,41
OUTROS	0,15

Fonte: FIOROTTI (2016)

De acordo com os resultados do Fiorotti (2016), sobre os testes de MEV foi observado a adesão de grãos uniformes e com menor tamanho de grãos de quartzo ou hematita, que ocasiona um aumento de espaços vazios no material com isso, é necessário a utilização de maior quantidade de água para se obter uma maior plasticidade para melhor trabalhabilidade com as argamassas constituídas com o rejeito.

5.1.2 Absorção de água

De acordo com os dados apresentado no do ensaio de Determinação do Teor de Umidade e massa Específica dos agregados, foi apresentado que o RBMF, obteve o teor de umidade de 1,081% já a areia obteve 0,183% com isso observamos que a massa específica aparente do RBMF é maior do que areia devido ao seu maior teor de umidade, também foi realizado o ensaio de determinação de teor de argila em comparação a areia e o RBMF foi obtido um resultado de matérias friáveis de 98% no rejeito contra 2,7% da areia, com isso tende a ser um solo mais fino argiloso e rico em oxido de ferro.(FIOROTTI,2016).

Através dos testes realizados foi possível obter os resultados dos ensaios de absorção de água nos tijolos produzidos com RBMF a Tabela 05 apresenta os dados. (BARBOSA E DIAS,2017).

Os ensaios foram realizados de acordo com a NBR 8491.

Tabela 05 - Resultados obtidos nos ensaios de absorção de água.

Idade (dia)	Ordem	Massa do tijolo saturado (Kg)	Massa do tijolo seco (Kg)	Absorção de água (%)	Média aritmética
7	1	1,575	1,272	23,82	26,12
	2	1,454	1,154	26,00	
	3	1,463	1,138	28,56	
14	1	1,613	1,315	22,66	22,38
	2	1,565	1,270	23,22	
	3	1,625	1,340	21,27	
21	1	1,535	1,254	22,41	22,16
	2	1,55	1,274	22,05	
	3	1,513	1,240	22,02	
28	1	1,530	1,262	21,23	20,16
	2	1,510	1,255	20,31	
	3	1,518	1,276	18,96	

(BARBOSA E DIAS,2017).

Através da análise os dados apresentados foi possível observar que a absorção de água é maior no início dentro do período de 7 dias com a média mais alta no valor de 26,12%, e que teve redução média de 4 % no intervalo entre 14 e 21 dias, e uma diferença maior aos 28 dias, comparado com sete dias, observa-se uma redução de quase 5,96% nos valores de absorção de água em média. Portanto, observa-se que os resultados obtidos nos testes apresentados estão dentro da normatização em vigência que é a NBR 8491 (2012) que fala sobre bloco de solo cimento sem função estrutural, no qual é determinado que as amostras ensaiadas devem apresentar uma média menor ou igual a 20%, e os valores individuais não devem ser superiores a 22% aos 28 dias segundo a (BARBOSA E DIAS, 2017).

5.1.3 Resistencia a compressão

Na tabela 06 apresentamos dados com valores sobre a resistência a compressão dos tijolos ecológicos obtidos através do ensaio realizado. Segundo a

NBR 8491 (2012), nenhum dos resultados individuais obtidos poderá ser inferior a 1,7 Mpa, e também a média individual dos valores obtidos no com 28 dias não devem ser abaixo 2,0 MPa. (BARBOSA E DIAS, 2017).

Tabela 06 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão

Idade (Dias)	Ordem	Carga máxima (Kfg)	Tensão máxima (MPa)	Média aritmética (MPa)
7	1	1,36	0,72	1,02
	2	2,51	1,33	
	3	1,91	1,01	
14	1	3,29	1,74	1,58
	2	3,29	1,74	
	3	2,39	1,27	
21	1	3,21	1,70	1,80
	2	3,65	1,93	
	3	3,37	1,78	
28	1	4,70	2,49	2,23
	2	3,83	2,03	
	3	4,09	2,17	

(BARBOSA E DIAS,2017)

De acordo com os testes apresentados, há uma pequena resistência inicial 1,02 MPa durante os 7 (sete) dias, que ao passar do tempo teve um aumento relativo. Depois de 28 (vinte e oito) dias apresentou uma diferença positiva em relação a primeira semana e aumenta de 1,21 MPa para 2,23 MPa.

5.1.4 Durabilidade

Para uma construção segura e durável, deve-se primeiramente observar a qualidade do material utilizado na obra, com isso o tijolo de RBMF, para garantir essa durabilidade deve seguir rigorosamente todos os requisitos de padrão de qualidade estabelecido pela ABNT NBR 8492:2012. Quanto aos cuidados com a construção em si, deve-se tomar algumas precauções como a impermeabilização da fundação e paredes externas e um bom acabamento que proteja todos os locais contra a umidade, toda fabricação do tijolo ecológico deve obedecer com rigor as NBRs vigentes, assim como para as construções que utilizarem o tijolo também devem seguir os procedimentos de acordo com as Normas vigentes que garante assim a qualidade e segurança das construções.

5.2 ANALISE COMPARATIVA TIJOLO ECOLÓGICO X TIJOLO CONVENCIONAL

5.2.1 Comparação testes de resistência

Comparada a resistência mínima de 28(vinte e oito) dias do tijolo cerâmico, que é de 1 MPa, percebe-se que o tijolo ecológico fabricado com rejeitos de minério consegue ultrapassar o tijolo cerâmico no teste de resistência a compressão que chega a 2,23 MPa, isso acontece, pois, o fato do rejeito do minério possuir elementos como alumínio, óxido de ferro que é a maioria e silício contribui para o aumento da resistência a compressão.

5.2.2 Comparação na obtenção da matéria prima

Pode-se fazer uma comparação de que, para obtenção da matéria prima dos dois tipos de tijolos, cada um tem sua particularidade. Para o tijolo cerâmico, a maior parte das matérias-primas que são utilizadas são os da indústria cerâmica tradicional que são de recursos extraídos da natureza; já a matéria prima para a produção do tijolo com RBMF é uma matéria prima abundante na região do nosso estudo pois engloba a região do Quadrilátero Ferrífero no qual todo o material é descartado em barragens por exemplo, na região de Mariana-MG existe grande quantidade do material em decorrência de um acidente ocorrido com o rompimento de uma barragem na região, sendo que o rejeito foi espalhado por vários quilômetros, vale ressaltar que para viabilizar a construção com a utilização do tijolo ecológico, deve ser levado em consideração a disposição da matéria prima (RBMF) para a fabricação, no qual deve ser observado pelo fabricante do tijolo mas que também deve ser acompanhado por todos os envolvidos no projeto para que não ocorra imprevistos que fujam do planejamento e orçamento da obra.

5.2.3 Comparação do método de fabricação

A fabricação do tijolo cerâmico tem como matéria prima a argila. Nos processos de fabricação, conta com a preparação da matéria-prima, preparação da

mistura, formação de peças, colagem, prensagem, extrusão, torneamento, tratamento térmico, secagem, queima e acabamento.

Já o tijolo solo-cimento, utiliza-se em sua produção na fase de preparação da matéria prima; mistura dos agregados, prensagem e cura.

Como apresentado, o tijolo ecológico tem sua fabricação mais ágil e ecológica. Por exemplo, segundo a Ecomáquinas (2016), para fabricação de 1 milheiro de tijolos cerâmicos, é necessário a queima de 12 árvores para sua cura, já o tijolo ecológico necessita somente de umidificação, com isso é comprovado as vantagens do tijolo ecológico na comparação de método de fabricação, pois essa vantagem pode gerar um tempo e custo de produção menor, conforme Figura 24.

Figura 24 – Comparativo de produção entre Tijolo Ecológico X Cerâmico.



PREPARAÇÃO DA
MATÉRIA-PRIMA
PREPARAÇÃO DA MASSA
FORMAÇÃO DAS PEÇAS
COLAGEM OU FUNDIÇÃO
PRENSAGEM
EXTRUSÃO
TORNEAMENTO
TRATAMENTO TÉRMICO
SECAGEM
QUEIMA
ACABAMENTO

PREPARAÇÃO DA
MATÉRIA-PRIMA
MISTURA
PRENSAGEM
CURA

Fonte: TIJOLOINTELIGENTE (2018)

5.2.4 Comparação do método construtivo

Os tijolos ecológicos na obra podem ter um melhor rendimento do que os tijolos cerâmicos, através de seu encaixe uniforme, tem-se um melhor alinhamento das paredes e também uma maior agilidade na montagem da parede. Um dos pontos que o tijolo ecológico tem como vantagem é que os furos normatizados podem ser utilizados como passagem de rede elétrica e hidráulica, que elimina gastos e deixa a obra mais limpa e organizada, devido à não necessidade de quebras e recortes nas paredes. Uma construção com o tijolo ecológico pode ser 30% mais rápida do que o tijolo cerâmico.

5.3 VIABILIDADE FINANCEIRA DA UTILIZAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO

Através do estudo desenvolvido para comparação de alguns materiais utilizados em construções de paredes, foi possível observar alguns critérios que nos confirmam a viabilidade da utilização do tijolo ecológico.

Para essa análise, foi utilizado como modelo uma casa com 36 m² de área construída e 88m² de paredes. Foi considerado o tijolo ecológico com aplicação resina impermeabilizante e rejunte externo, e com rejunte e pintura interna, e os tijolos cerâmicos com acabamento interno e externo, conforme Tabela 07.

Tabela 07 – Comparativo de Custo de Parede Acabada

TIPO DO TIJOLO	VALOR PAREDE ACABADA (88 M²)	DIFERENÇA PREÇO FINAL EM RELAÇÃO AO TIJOLO ECOLÓGICO
TIJOLO ECOLÓGICO	R\$9.202,41	-
TIJOLO CERÂMICO 9 CM	R\$10.154,92	R\$ 952,51
TIJOLO CERÂMICO 15 CM	R\$10.995,66	R\$ 1.793,25

Fonte: TRINDADE (2016)

Mas os acabamentos e materiais utilizados variam muito, as vantagens podem ser variadas porque o tijolo ecológico pode apresentar economia de até

40,4% se comparado com uma casa feita com tijolo cerâmico de 15 cm, no caso de deixar o tijolo ecológico aparente (rústico) nas áreas externas e internas, mais com resina e rejunte que é o ideal. E até mesmo uma economia ao redor de 5%, no caso do comparativo com o tijolo cerâmico de 15 cm nas áreas interna e externa, relacionado ao tijolo ecológico com acabamento de tijolo aparente (rústico) na parte externa e reboco e pintura na área interna.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo foram embasados em artigos e ensaios, realizados por Dannilo Júnior Guimarães Barbosa (2017), Fabrício Moura Dias (2017) e Ricardo André Fiorotti Peixoto (2016). De acordo com as análises, os resultados indicam a viabilidade da utilização dos tijolos ecológicos oriundos dos rejeitos de barragem de minério de ferro, desde que se possa observar o custo de produção dos tijolos, pois a matéria prima fundamental é o rejeito e, com isso, faz-se necessário um estudo cauteloso na parte inicial dos projetos, focado na análise dos custos de transporte e disposição da matéria prima. Para os interessados é viável a utilização devido ao fato de que pode alterar no custo dos tijolos, assim se obtenha a alteração do quantitativo monetário da obra.

O êxito demonstrado nos testes de absorção de água e de compressão dos tijolos gera conforto e segurança aos usuários que viabiliza a sua utilização. Além dessa ótima vantagem, tem-se ainda a grande vantagem por ser uma construção sustentável, pois a produção dos tijolos não agride o meio ambiente e pode auxiliar as mineradoras para a redução de contenção de rejeitos de minérios de ferro.

Após análise realizada no estudo, foi observada que nos ensaios de caracterização das propriedades químicas do rejeito de minério foi identificado que o material não é tóxico, com isso, pode ser utilizado sem restrições à saúde, mas depende da área da extração do rejeito.

Um dos pontos mais positivos dos resultados obtidos no tijolo ecológico com a utilização de rejeito de minério foi os resultados dos testes de compressão no estudo realizado durante 28 dias de cura. Logo aos 7 dias de cura, o tijolo ecológico já ultrapassou o cerâmico em termos de resistência. Chegando aos 28 dias, a resistência ficou em torno de 2,23 MPa contra a 1 MPa do tijolo cerâmico.

Para visar a economia e agilidade na construção, o tempo de construção pode ser de até 30% mais rápido do que os cerâmicos, e até 40% mais econômicos financeiramente, isso, devido à flexibilidade de montagem de redes elétricas e hidráulicas dentro dos tijolos ecológicos, no qual evita cortes e geração de entulho em casos específicos, não é necessário realizar acabamentos, que deixa o ambiente rústico.

A questão é que, ainda com todos os benefícios oferecidos pelos tijolos ecológicos sendo financeiros, ambientais e se destaca ainda como uma grande inovação no mercado da construção civil, sua utilização e popularização ainda é tímida no qual existe a necessidade de pesquisas aprofundadas no assunto para que se possa aumentar a utilização do tijolo ecológico na construção civil.

Enfim, a adição de rejeito de minério de ferro no tijolo ecológico é viável e eficaz, além de totalmente sustentável. Ao mesmo tempo reduz a quantidade de resíduos no meio ambiente, que garanti conforto e segurança na construção.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas- **ABNT NBR 7171: 2005**. - Bloco cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas- **ABNT NBR 7251:1982** Substituída- **ABNT NBR NM 45:2006** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas- **ABNT NBR 8491:2012**. Tijolo de solo-cimento – Requisitos NBR 10834:2012 Versão Corrigida:2013 - Bloco de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas-**ABNT NBR 8491**.Tijolo de solo-cimento requisitos. Esta Norma estabelece os requisitos para o recebimento de tijolos de solo-cimento. Rio de Janeiro, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas-**ABNT NBR 8492**.Tijolo de solo-cimento Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas- **ABNT NBR 9776 MAR 1987** substituída- **ABNT NBR NM 52:2009** Agregado miúdo, determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - **ABNT NBR 9939:2011**. Agregado graúdo – Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas -**ABNT NBR 10833**. Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas- **NBR 12023**.Solo-cimento — Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas -**NBR12024**.Solo-cimento — Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas -**ABNT NBR 12025**.Solo-cimento — Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2012.

ALBUQUERQUE, Ruston. **Tijolos ecológicos, produção simples e vedações ideais**. 2016. Disponível em: <<http://www.temsustentavel.com.br/tijolos-ecologicos-producao-simples/>>. Acesso em: 09 set. 2018.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO TIJOLO ECOLÓGICO. **O tijolo ecológico**.2015. Disponível em: < <https://www.aniteco.com/o-tijolo-ecologico/>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Informações técnicas - processos de fabricação**. 2004. Disponível em: < <https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

BARIVIERA, João. **Resíduos industriais são transformados em tijolos ecológicos**. 2014. Disponível em: <<http://www.unoesc.edu.br/noticias/single/residuos-industriais-saeo-transformados-em-tijolos-ecologicos>. > Acesso em: 10 set. 2018.

BARBOSA, Dannilo; DIAS, Fabrício **Tijolo ecológico: utilização de lama ferruginosa presente no rio doce como matéria prima**. 2017. Disponível em: <www.confea.org.br/media/contecc2017/civil/96_teudlfpnrdcm.pdf> Acesso em: 25 ago. 2018.

BASTOS, Lucas. **Utilização de rejeito de barragem de minério de ferro como matéria prima para infraestrutura rodoviária**. 2013. Disponível em: <http://www.reciclos.ufop.br/media/uploads/downloads/Dissertacao_Lucas.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2018.

BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez, 2008. **Geotecnia Ambiental**, Oficina de Textos, São Paulo, SP, Brasil.

BRAGON, Rayder. **MP vai acionar Samarco por danos ao patrimônio cultural em Mariana**. UOL Notícias: Cotidiano, Belo Horizonte, 20 nov. 2015. Disponível em: < <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/12/17/solo-atingido-por-lama-em-mariana-esta-morto-para-agricultura-diz-embrapa.htm>>. Acesso em: 02 ago. 2018.

CALDAS, C.M; CLAVIJO, M.A. **Tijolos de cinzas de carvão mineral e de casca de arroz**. 1994. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/120938>>. Acesso em: 02 ago. 2018.

CAMARGO, Suzana. **Tijolo feito com plástico reciclado torna construção mais sustentável**. 2017. Disponível em: <<http://conexoplaneta.com.br/blog/tijolo-feito-com-plastico-reciclado-torna-construcao-mais-sustentavel>> Acesso em: 10 set. 2018.

CAMILO, Claudemir. Globo G1. **Pesquisadores da UFLA criam tijolos a partir de lama de barragem que se rompeu em Mariana**. 2018. Disponível em: < <https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/pesquisadores-da-ufla-criam-tijolos-a-partir-de-lama-da-barragem-que-se-rompeu-em-mariana-mg.ghtml> > Acesso em: 10 set. 2018.

DUARTE, Anderson Pires. **Classificação de contenção de rejeito de mineração e de resíduos industriais no estado de minas gerais em relação ao potencial de risco**. 2008. Disponível em: < http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUDB-8AUPNJ/classifica_o_das_barragens_de_conten_o.pdf?sequence=1>. Acesso em: 02 ago. 2018.

ECOMAQUINAS. **Tijolo ecológico- Como curar?**. 2015. Disponível em: <<https://ecomaquinas.com.br/index.php/bra/tijolo-ecologico-como-curar> > Acesso em: 10 set. 2018.

ECOMAQUINAS. **Tijolo ecológico - porque é ecológico?**. 2016. Eco Maquinas. Disponível em <<https://ecomaquinas.com.br/index.php/bra/tijolo-ecologico-porque-e-ecologico> >. Acesso em 09 set. 2018.

FIOROTTI. **Utilização de rejeitos de barragens de minério de ferro na construção civil**. 2016. Disponível em: <http://www.reciclos.ufop.br/media/uploads/downloads/Relatorio_MPF-FIOROTTI.pdf>. Acesso em 09 ago. 2018.

FOGAÇA, Jennifer. **O que é sustentabilidade?**. 2015. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-sustentabilidade.htm>>. Acesso em 09 set. 2018.

FONTES, Wanna. **Utilização do rejeito de barragem de minério de ferro como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento**. 2013. Disponível em: <http://www.reciclos.ufop.br/media/uploads/downloads/Dissertacao_Wanna.pdf>. Acesso em: 02 set. 2018.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Edição. São Paulo, Editora Atlas S.A.: 2002.

GUIMARÃES, Nathalie. **Irmãos em MG investem em tijolos ecológicos para obras mais baratas**; 2014. Disponível em <<http://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2014/01/irmaos-em-mg-investem-em-tijolos-ecologicos-para-obras-mais-baratas.html> >. Acesso em 29 set. 2018.

JARFEL. **Sistema construtivo modular ecológico**. 2016. Disponível em: <<https://www.sahara.com.br/pdf-sahara-tecnologia/sistema-construtivo-modular-jarfel.pdf> > Acesso em: 10 set. 2018

LIRA, Sara. **Tijolos de bagaço de cana substituem alvenaria tradicional**. 2018. Disponível em: <<http://revistamineracao.com.br/2018/01/17/tijolos-de-bagaco-de-cana-substituem-alvenaria-tradicional/>> Acesso em: 10 set. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção Sustentável**. 2012. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em 09 set. 2018.

MORAIS, Marcelo Brito de; CHAVES, Armando Macêdo; JONES, Kimberly Marie. Revista Pensar Engenharia, v.2, n. 2, Jul./2014. **Análise de viabilidade de aplicação do tijolo ecológico na construção civil contemporânea**. 2014. Disponível em: <<http://revistapensar.com.br/engenharia/artigo/no=a138.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva; MORAIS, Paola Waleska Pereira; ROCHA, Glayce Nayara; TAVARES, Joicimara da Costa; GONÇALVE, Gabrielle Cristina, CHAGAS, Marcela Aleixo; MAGESTE, Jalson Luiz; LUCAS, Taiza de Pinho Barros

. **Tijolo de Solo-cimento: Análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis.** Belo Horizonte: E-xata, 2014. 13-26 p. 2014 Disponível em: <
<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/1038/665> > Acesso em: 09 set. 2018.

PECORIELLO, Luiz. **Tijolos de solo-cimento.** 2004. Disponível em:
 <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/87/artigo285631-1.aspx>. > Acesso em: 09 set. 2018.

PENSAMENTO VERDE. **O tijolo ecológico e seu benefício para o desenvolvimento sustentável.** 2013. Disponível em
 <<https://www.pensamentoverde.com.br/arquitetura-verde/tijolo-ecologico-beneficio-desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em 29 set. 2018.

PISANI, Maria Augusta Justi. **Um material de construção de baixo impacto ambiental.** O tijolo de solo-cimento. São Paulo: Sinergia, 2005. 53-59 p.

RECANTO DO ESCRITOR. **Cidade de Jericó é considerada a mais velha do mundo.** 2017. Disponível em:
 <<http://www.recantodoescritor.com.br/2017/06/17/artigo-cidade-de-jerico-e-considerada-a-mais-velha-do-mundo-a1917/>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

SAHARA. **Cartilha eco produção.** 2011. Disponível em <
<http://www.ecoproducao.com.br/downloads/cartilha-eco-producao.pdf> >. Acesso em 09 set. 2018.

SAMARCO. **O que é uma barragem** .2016. Disponível em: <
<https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2016/08/o-que-e-uma-barragem.pdf> >. Acesso em 09 set. 2018.

SANT'ANA FILHO, Joaquim. **Estudo de reaproveitamento dos resíduos das barragens de minério de ferro para fabricação de blocos Inter travados de uso em pátios industriais e alto tráfego.** 2013. Disponível em:
 <<http://www.reciclos.ufop.br/media/uploads/downloads/DissertacaoJoaquim.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2018.

SANTOS, Vanessa Sardinha. **Acidente em Mariana (MG) e seus impactos ambientais.** 2015. Disponível em: <
<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/acidente-mariana-mg-seus-impactos-ambientais.htm>>. Acesso em: 02 set. 2018

SIENGE. **10 dicas de sustentabilidade na construção civil;** 2015. Disponível em
 <<https://www.sienge.com.br/blog/10-dicas-de-sustentabilidade-na-construcao-civil/> >. Acesso em 29 set. 2018.

SIGNIFICADOS. **Significado de Sustentabilidade**; 2015. Disponível em <<https://www.significados.com.br/sustentabilidade/>>. Acesso em 29 set. 2018.

SILVA, Cassandra. **Guia Prático de Metodologia e Organização do projeto de pesquisa**. Documento do Centro de Ensino Técnico Federal (Cefet). Fortaleza, 2004.

SILVA, S. R. (2005) **Tijolos de solo-cimento reforçado com serragem de madeira**.

Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Belo Horizonte – MG, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 219p.

SOUZA, Thiago Augusto Corrêa; NUNES, Grécia Aparecida; SOARES, Juzelma Marinkes; QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade. **Análise preliminar da resistência à compressão de tijolos ecológicos fabricados no município de Ipaba**. 2011. Santa Catarina: IberoamericanJournalof Industrial Engineering, 2011. 48-61 p.

SOUZA, Márcia. **Tijolos de solo-cimento com resíduos de construção civil**. 2006. Disponível em:<<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/113/artigo285544-2.aspx>>. Acesso em: 09 set. 2018.

SUA OBRA. **Quais as vantagens e desvantagens de se usar o tijolo ecológico em sua construção**. 2016. Disponível em: <<http://www.suaobra.com.br/dicas/levantamento-obra/quais-as-vantagens-e-desvantagens-de-se-usar-o-tijolo-ecologico-em-sua-construcao> >. Acesso em:09 ago. 2018.

SUSTENTARQUI. **10 tijolos ecológicos inovadores**. 2017. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/tijolos-ecologicos-inovadores/>>. Acesso em:09 ago. 2018.

SOARES, Verônica. **Reutilização de rejeitos como alternativa às barragens de minério**. Disponível em: <:// <http://minasfazciencia.com.br/2015/11/23/reutilizacao-de-rejeitos-como-alternativa-as-barragens-de-minerio/>>. Acesso em: 27 de ago. de 2018.

SONNY, Wihian. **Etapas na construção com tijolos ecológicos**. Manual construir com tijolos ecológico. 2015.

STEPHANOU, João. **Gestão de resíduos sólidos: um modelo integrado que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais**. 2013. Disponível em:<://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?p=235>. Acesso em: 09 ago. 2018.

TEIXEIRA, Fernanda; REIS, Abner Henrique Santos; FIGUEIREDO, Márcio Franck; TEIXEIRA, Fabielle de Moraes. **O uso de resíduos Lignocelulosicos na produção de tijolos de adobe**. Rio Grande do Sul: 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2012.

TIJOLOINTELIGENTE. **Comparação entre a fabricação do tijolo ecológico e do**

bloco cerâmico. 2018. Disponível em:
<<https://tijolointeligente.cristalgloss.com/2018/08/21/comparacao-entre-a-fabricacao-de-tijolo-ecologico-e-do-bloco-ceramico/>> Acesso em: 05 jun. 2018.

TRINDADE. **Construção tijolo ecológico base.** 2016. Disponível em:
<http://www.tijolosecologicostrindade.com.br/?attachment_id=342 >. Acesso em 09 set. 2018.

TRINDADE. **Comparativo entre tijolos ecológicos e outras alvenarias.** 2016.
<http://www.tijolosecologicostrindade.com.br/comparativo-entre-tijolos-ecologicos-e-outras-alvenarias/> Acesso em 09/09/2018.

ANEXO (S)

ANEXO 1 - DADOS ORÇAMENTÁRIOS CASA MODELO

CASA MODELO ADOTADA NO ESTUDO

PAREDES

Comp	Altura	m ²	Qtde	Total em m ²	TIPO DE TIJOLO		
	5,875	2,5	14,6875	2	29,38		15
	6,125	2,5	15,3125	2	30,63		15
	3,25	2,5	8,125	1	8,13		9
	2,375	2,5	5,9375	1	5,94		9
	3,125	2,5	7,8125	1	7,81		9
	2,125	2,5	5,3125	1	5,31		9
	1,125	2,5	2,8125	1	2,81		9
					90,00		9

VÃOS

	0,875	2,1	1,8375	4	7,35	(1/2 DE 15 E 1/2 DE 9)	
	0,75	2,1	1,575	1	1,58		9
	1,2	1	1,2	3	3,60		15
	1	1	1	1	1,00		15
	0,625	0,625	0,391	1	0,39		15
					13,92		

OITÕES (Inclinação 35°)

	2,938	1,028125	3,020	4	12,08		15
--	-------	----------	-------	---	-------	--	----

TOTAL DE PAREDES

88,16 m²

Área construída

35,98 m²

Relação área de paredes / área construída

2,45 m²

Pintura e massa		Pintura e massa		VÃOS EXT.	8,67
Lado	Qtde.	Int	Ext	VÃOS INT.	5,25
2	2	58,75	29,375	29,375	
2	2	61,25	30,625	30,625	PAREDES EXT 63,41 c/ oitão
2	1	16,25	16,25		PAREDES INT 114,75 p/ chapiscar
2	1	11,875	11,875		PAREDES INT 104,40 p/ pintar / rebocar / emboçar / rejuntar
2	1	15,625	15,625		
2	1	10,625	10,625		
2	1	5,625	5,625		
1	1	12,08		12,08	
		192,0804688	120,00	72,08	
Área molhada (com azulejo)		Área molhada (com azulejo)			
Altura	Qtde.				
1,5	2	6,375	WC (+)		
1,5	2	3,375	WC (+)		
0,5	1	0,6	Cozinha (+)		
1,5	1	1,125	Vão WC (-)		
		10,35			
Vãos internos				13,92	
Vãos externos				8,67	
63,41		181,73	Pintura int	95,73	
24,75			Pintura ext	63,41	
			Massa int	106,08	
			Massa ext	63,41	

Fonte: Ferreira, TCPO, SINAPI, SINDUSCON, Tijolos Ecologicos Trindade(2016).

ANEXO 2 - DADOS ORÇAMENTÁRIOS PAREDES COM TIJOLOS CERAMICOS DE 9CM

TIJOLO CERAMICO (TIJOLO BAIANO DE 9 EM TODAS AS PAREDES) C/PINTURA						
Componentes	Un.	Consumo	R\$ unitário		R\$ total	FONTE
Alvenaria (Baiano de 9)	m²	88,16	R\$ 22,17	R\$	1.954,72	TCPO 13ª EDIÇÃO, PREÇO VARGINHA (JAN 2014).
Forma de madeira	m²	88,16	R\$ 4,86	R\$	428,48	TCPO 13ª EDIÇÃO, PREÇO VARGINHA (JAN 2014).
Chapisco (5mm)	m²	169,50	R\$ 4,90	R\$	830,55	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15
Massa única p/ pint. 1:2:8 - Prep. Mec. (10mm) - Int	m²	106,08	R\$ 14,25	R\$	1.511,70	SINAPI - MG - NÃO DESONERADO - ITEM 87547 - MAI/15
Massa única p/ pintura 1:2:8 - Prep. Mec. (20mm) - Ext	m²	63,41	R\$ 20,71	R\$	1.313,32	SINAPI - MG - NÃO DESONERADO - ITEM 87533 - MAI/15
Aço	m²	88,16	R\$ 7,49	R\$	660,35	TCPO 13ª EDIÇÃO, PREÇO VARGINHA (JAN 2014).
Concreto (20 Mpa)	m³	1,59	R\$ 383,78	R\$	610,21	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15
Pintura látex com duas demãos	m²	159,15	R\$ 17,88	R\$	2.845,59	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15
Total				R\$	10.154,92	
Total de paredes (m²)					88,16	
Preço por m² de parede				R\$	115,18	

Com tijolo cerâmico (baiano de 9) - cálculo por m²

Componentes	un.	Consumo	R\$ unitário		R\$ total	FONTE
Pedreiro	h	0,7	R\$ 6,13	R\$	4,29	SINDUSCON-LAGOS 2013
Servente	h	0,86	R\$ 3,67	R\$	3,16	SINDUSCON-LAGOS 2013
Areia	m³	0,02	R\$ 57,80	R\$	1,16	TCPO 13a EDICAO - JAN 2014
Cal	kg	2,89	R\$ 0,40	R\$	1,16	TCPO 13a EDICAO - JAN 2014
Cimento	kg	2,89	R\$ 0,40	R\$	1,16	TCPO 13a EDICAO - JAN 2014
Tijolo Cerâmico	un.	16,8	R\$ 0,67	R\$	11,26	TCPO 13a EDICAO - JAN 2014
Preço total (m²)				R\$	22,17	

REVESTIMENTOS E GRAUTEAMENTO

ITEM	UN.	VALOR	FONTE
Chapisco para parede interna ou externa com argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3, e=5 mm	m ²	R\$ 4,90	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15
Concreto preparado na obra, controle "A", brita 1, fck 20 MPa, acabamento 941 cm	m ³	R\$ 383,78	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15

ITEM	UN.	VALOR		CÓD. ITENS	FONTE
		E = 20MM	E = 10MM		
MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES DE AMBIENTES COM ÁREA MENOR QUE 10M2, ESPESSURA DE 20MM	m ²	R\$ 21,98	R\$ 14,25	87529 e 87547	SINAPI - MG - NÃO DESONERADO - ITENS 87529 E 87547 - MAI/15
MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES DE AMBIENTES COM ÁREA MAIOR QUE 10M2, ESPESSURA DE 20MM	m ²	R\$ 20,71	R\$ 12,98	87533 e 87551	SINAPI - MG - NÃO DESONERADO - ITEM 87533 E 87551 - MAI/15

Fonte: Ferreira, TCPO, SINAPI, SINDUSCON, Tijolos Ecológicos Trindade(2016).

ANEXO 3 - DADOS ORÇAMENTÁRIOS PAREDES COM TIJOLOS CERAMICOS DE 15CM

TIJOLO CERAMICO (TIJOLO BAIANO DE 15 EM TODAS AS PAREDES) C/ PINTURA					
Componentes	Un.	Consumo	R\$ unitário	R\$ total	FONTE
Alvenaria (Baiano de 15)	m ²	88,16	R\$ 31,71	R\$ 2.795,46	TCPO 13ª EDIÇÃO , PREÇO VARGINHA (JAN 2014).
Forma de madeira	m ²	88,16	R\$ 4,86	R\$ 428,48	TCPO 13ª EDIÇÃO , PREÇO VARGINHA (JAN 2014).
Chapisco (5mm)	m ²	169,50	R\$ 4,90	R\$ 830,55	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15
Massa única p/ pint. 1:2:8 - Prep. Mec. (10mm) - Int	m ²	106,08	R\$ 14,25	R\$ 1.511,70	SINAPI - MG - NÃO DESONERADO - ITEM 87547 - MAI/15
Massa única p/ pintura 1:2:8 - Prep. Mec. (20mm) - Ext	m ²	63,41	R\$ 20,71	R\$ 1.313,32	SINAPI - MG - NÃO DESONERADO - ITEM 87533 - MAI/15
Aço	m ²	88,16	R\$ 7,49	R\$ 660,35	TCPO 13ª EDIÇÃO , PREÇO VARGINHA (JAN 2014).
Concreto (20 Mpa)	m ³	1,59	R\$ 383,78	R\$ 610,21	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15
Pintura látex com duas demãos	m ²	159,15	R\$ 17,88	R\$ 2.845,59	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15
Total				R\$ 10.995,66	
Total de paredes (m²)				88,16	
Preço por m² de parede				R\$ 124,72	

Com tijolo cerâmico (baiano de 15) - cálculo por m²

Componentes	un.	Consumo	R\$ unitário	R\$ total	FONTE
Pedreiro	h	0,7	R\$ 6,13	R\$ 4,29	SINDUSCON-LAGOS 2013
Servente	h	0,86	R\$ 3,67	R\$ 3,16	SINDUSCON-LAGOS 2013
Areia	m³	0,03	R\$ 57,80	R\$ 1,93	TCPO 13a EDICAO - JAN 2014
Cal	kg	4,82	R\$ 0,40	R\$ 1,93	TCPO 13a EDICAO - JAN 2014
Cimento	kg	4,82	R\$ 0,40	R\$ 1,93	TCPO 13a EDICAO - JAN 2014
Tijolo Cerâmico	un.	16,8	R\$ 1,10	R\$ 18,48	TCPO 13a EDICAO - JAN 2014
Preço total (m²)				R\$ 31,71	

Fator de ajuste de material entre bloco de 9 e de 15 (por maior consumo para assentamento)

	9	15
x		1,67

REVESTIMENTOS E GRAUTEAMENTO

ITEM	UN.	VALOR	FONTE
Chapisco para parede interna ou externa com argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3, e=5 mm	m²	R\$ 4,90	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15
Concreto preparado na obra, controle "A", brita 1, fck 20 MPa, acabamento 2 e 1 cm	m³	R\$ 383,78	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15

ITEM	UN.	VALOR		CÓD. ITENS	FONTE
		E = 20MM	E = 10MM		
MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES DE AMBIENTES COM ÁREA MENOR QUE 10M2, ESPESSURA DE 20MM	m²	R\$ 21,98	R\$ 14,25	87529 e 87547	SINAPI - MG - NÃO DESONERADO - ITENS 87529 E 87547 - MAI/15
MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES DE AMBIENTES COM ÁREA MAIOR QUE 10M2, ESPESSURA DE 20MM	m²	R\$ 20,71	R\$ 12,98	87533 e 87551	SINAPI - MG - NÃO DESONERADO - ITEM 87533 E 87551 - MAI/15

Fonte: Ferreira, TCPO, SINAPI, SINDUSCON, Tijolos Ecológicos Trindade (2016).

ANEXO 4 - DADOS ORÇAMENTÁRIOS PAREDES COM TIJOLOS ECOLÓGICOS COM RESINA, REJUNTE EXTERNO E REJUNTE E PINTURA INTERNA (SEM EMBOÇO E SEM RESINA INTERNA.

TIJOLO ECOLÓGICO C/ RESINA E REJUNTE EXTERNO E REJUNTE E PINTURA INTERNA (SEM EMBOÇO E SEM RESINA INTERNA.)						
Componentes	Un.	Consumo	R\$ unitário	R\$ total		FONTE
Alvenaria c/ tijolos ecológicos	m ²	88,16	R\$ 68,44	R\$ 6.033,83		TIJOLOS ECOLÓGICOS TRINDADE - JUN/15
Rejuntamento parede int	m ²	95,73	R\$ 1,95	R\$ 186,31		TIJOLOS ECOLÓGICOS TRINDADE - JUN/15
Rejuntamento parede ext	m ²	63,41	R\$ 1,95	R\$ 123,41		TIJOLOS ECOLÓGICOS TRINDADE - JUN/15
Massa única p/ pint. 1:2:8 - Prep. Mec. (10mm) - Int	m ²	10,35	R\$ 14,25	R\$ 147,49		SINAPI - MG - NÃO DESONERADO - ITEM 87547 - MAI/15
Aço	kg	74,50	R\$ 4,00	R\$ 298,00		TCPO 13ª EDIÇÃO, PREÇO VARGINHA (JAN 2014).
Graute	m ³	1,24	R\$ 383,78	R\$ 475,89		GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15
Aplicação de resina acrílica a base de água (2 demãos)	m ²	63,41	R\$ 3,56	R\$ 225,76		TIJOLOS ECOLÓGICOS TRINDADE - JUN/15
Pintura látex com duas demãos	m ²	95,73	R\$ 17,88	R\$ 1.711,73		GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15
Total				R\$ 9.202,41		
Total de paredes (m²)				88,16		
Preço por m² de parede				R\$ 104,38		

Com tijolo ecológico de solocimento de 25 X 12,5 X 6,15

Componentes	un.	Consumo	R\$ unitário	R\$ total		FONTE
Tijolo de solo cimento	un	64	R\$ 0,70	R\$ 44,80		TIJOLOS TRINDADE - JAN 2016
Frete de tijolo	un	64	R\$ 0,08	R\$ 5,12		TIJOLOS TRINDADE - JAN 2016
Argamassa AC I	kg	5	R\$ 0,45	R\$ 2,25		TIJOLOS TRINDADE - JAN 2016
Pedreiro	h	1,66	R\$ 6,13	R\$ 10,18		SINDUSCON-LAGOS 2013
Servente	h	1,66	R\$ 3,67	R\$ 6,09		SINDUSCON-LAGOS 2013
Preço total				R\$ 68,44		

REVESTIMENTOS E GRAUTEAMENTO

ITEM	UN.	VALOR	FONTE
Concreto preparado na obra, controle "A", brita 1, fck 20 MPa, abatimento 8±1 cm	m ³	R\$ 383,78	GUIA DA CONSTRUÇÃO - DATA BASE 30/6/15

ITEM	UN.	E = 20MM	E = 10MM	CÓD. ITENS	FONTE
		VALOR	VALOR		
MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES DE AMBIENTES COM ÁREA MENOR QUE 10M2, ESPESSURA DE 20MM	m ²	R\$ 21,98	R\$ 14,25	87529 e 87547	SINAPI - MG - NÃO DESONERADO - ITENS 87529 E 87547 - MAI/15

REJUNTAMENTO E RESINAMENTO

Rejuntamento por m²

Item	Un.	Consumo	R\$ unitário	R\$ total	FONTE
Argamassa	kg	0,67	R\$ 0,45	R\$ 0,30	TIJOLOS TRINDADE
Terra	kg	0,33	R\$ 0,05	R\$ 0,02	TIJOLOS TRINDADE
Servente	h	0,4	R\$ 3,67	R\$ 1,63	SINDUSCON-LAGOS 2013 E TIJOLOS TRINDADE
TOTAL				R\$ 1,95	

Mão de obra - Reiunt.

m²/dia 18,0

h/dia 8,0

m²/hora 2,3

0,44 de hora ou

26,7 min. p/ m²Rendimento argamassa (kg por m²)1 saco de 20kg rende 30m² (aprox.)

20 30

0,67 1

Custo 20kg R\$ 9,00

Custo por kg R\$ 0,45

Terra por kg R\$ 0,05

Resinamento por m²

Item	Un.	Consumo	R\$ unitário	R\$ total	FONTE
Resina a base de água	m ²	1	R\$ 1,60	R\$ 1,60	TIJOLOS TRINDADE
Pedreiro	h	0,2	R\$ 6,13	R\$ 1,23	SINDUSCON-LAGOS 2013 E TIJOLOS TRINDADE
Servente	h	0,2	R\$ 3,67	R\$ 0,73	SINDUSCON-LAGOS 2013 E TIJOLOS TRINDADE
TOTAL				R\$ 3,56	

Mão de obra - Resinam.

m²/dia 40,0

h/dia 8,0

m²/hora 5,0

0,2 de hora

Resina Suvinil a base de água (18 litros)

R\$ 180,00 Preço do galão de 18 litros

225 Rendimento (em m² - uma demão)R\$ 1,60 Preço por m² (duas demãos)

REJUNTAMENTO E RESINAMENTO

Rejuntamento por m²

Item	Un.	Consumo	R\$ unitário	R\$ total	FONTE
Argamassa	kg	0,67	R\$ 0,45	R\$ 0,30	TIJOLOS TRINDADE
Terra	kg	0,33	R\$ 0,05	R\$ 0,02	TIJOLOS TRINDADE
Servente	h	0,4	R\$ 3,67	R\$ 1,63	SINDUSCON-LAGOS 2013 E TIJOLOS TRINDADE
TOTAL				R\$ 1,95	

Mão de obra - Rejunt.

m²/dia 18,0

h/dia 8,0

m²/hora 2,3por m² 0,44 de hora ou26,7 min. p/ m²Rendimento argamassa (kg por m²)1 saco de 20kg rende 30m² (aprox.)

20 30

0,67 1

Custo 20kg R\$ 9,00

Custo por kg R\$ 0,45

Terra por kg R\$ 0,05

Resinamento por m³

Item	Un.	Consumo	R\$ unitário	R\$ total	FONTE
Resina a base de água	m ²	1	R\$ 1,60	R\$ 1,60	TIJOLOS TRINDADE
Pedreiro	h	0,2	R\$ 6,13	R\$ 1,23	SINDUSCON-LAGOS 2013 E TIJOLOS TRINDADE
Servente	h	0,2	R\$ 3,67	R\$ 0,73	SINDUSCON-LAGOS 2013 E TIJOLOS TRINDADE
				R\$ 3,56	

Mão de obra - Resinam.

m²/dia 40,0

h/dia 8,0

m²/hora 5,0por m² 0,2 de hora

Resina Suviniil a base de água (18 litros)

R\$ 180,00 Preço do galão de 18 litros

225 Rendimento (em m² - uma demão)R\$ 1,60 Preço por m² (duas demãos)

Fonte: Ferreira, TCPO, SINAPI, SINDUSCON, Tijolos Ecológicos Trindade (2016).