

FACULDADE EVANGÉLICA DE JARAGUÁ

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GUSTAVO FERNANDES MACEDO

MARCELO VIEIRA LOPES

**O USO DA VERMICULITA EXPANDIDA PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES
SUSTENTÁVEIS**

Jaraguá - 2019

GUSTAVO FERNANDES MACEDO

MARCELO VIEIRA LOPES

**O USO DA VERMICULITA EXPANDIDA PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES
SUSTENTÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Faculdade Evangélica de Jaraguá, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador:

Prof. Dr. Milton Gonçalves da Silva Junior

Jaraguá - 2019

GUSTAVO FERNANDES MACEDO

MARCELO VIEIRA LOPES

**O USO DA VERMICULITA EXPANDIDA PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES
SUSTENTÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso APRESENTADO e APROVADO em 26 de Novembro de 2019, pela Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil, constituída pelos membros:

Prof. Dr. Milton Gonçalves da Silva Junior
- Orientador -

Prof. Esp. Rafael Gonçalves Fagundes Pereira
- Membro Interno –

Prof. Esp. Thalita Lopes Trindade
- Membro Interno -

SUMÁRIO

RESUMO	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1 Coleta de dados	9
2.2 Análise dos dados	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
3 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

O USO DA VERMICULITA EXPANDIDA PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES SUSTENTÁVEIS

Gustavo Fernandes Macedo ¹

Marcelo Vieira Lopes ²

Milton Gonçalves da Silva Junior ³

RESUMO

O uso da vermiculita surge como um importante instrumento ao conceito de sustentabilidade, por se tratar de um mineral que possui baixa condutividade térmica, baixa densidade e segurança ambiental, apropriada para ser aplicada na construção civil. A presente pesquisa teve como objetivo analisar o uso da vermiculita expandida na construção civil, de modo que seja empregada em habitações sustentáveis. Este estudo teve natureza qualitativa com método bibliográfico, para a coleta das informações foi realizado levantamento bibliográfico em torno por meio de revistas, artigos, livros e demais meios de divulgação científica. A vermiculita é um ótimo isolante térmico, seu uso na construção civil pode ser viável, partindo da ideia de ser um agregado leve para argamassas e concretos, sendo utilizadas em lajes como coberturas térmicas e em paredes. O uso da vermiculita expandida incorporada à argamassa e ao concreto, trazem diversos benefícios para a construção. Uma das principais vantagens é a redução do peso da estrutura, e com estudos recentes, passou-se a perceber as vantagens também no uso em relação à isolamentos térmicos e acústicos. A vermiculita é um mineral, com vasta aplicação industrial devido às peculiaridades da sua estrutura química e mineralógica. Na construção civil, seu uso tem aplicabilidade como isolante térmico e acústico em paredes, massa para revestimento, argamassa e outros. Sua utilização torna-se um atrativo, pois, é atualmente um dos materiais mais sustentáveis, seu uso agrega ao projeto um valor ecológico o que contribui para a competitividade no campo da construção civil.

Palavras-chave: Mineral; Vermiculita; Isolamentos.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: fernandesgustavo2011@gmail.com.

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: marcelovieiralopes@hotmail.com

³ Professor, Dr., orientador do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: professormiltonjunior@outlook.com

1 INTRODUÇÃO

Vermiculita é o nome geológico dado a um grupo de minerais laminares hidratados que são silicatos de alumínio-ferro-magnésio. A vermiculita, fórmula química $(MgFe,Al)_3(Al,Si)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$, apresenta uma estrutura micáceo-lamelar e clivagem basal. O termo vermiculita é utilizado também para designar comercialmente um grupo de minerais micáceos constituído por cerca de 19 variedades de silicatos hidratados de magnésio e alumínio, com ferro e outros elementos. O nome vermiculita é derivado do latim *vermiculus*, que significa pequeno verme e se deve ao fato de que esse material se expande sob aquecimento, durante o qual suas partículas movimentam-se de forma semelhante aos vermes (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2008).

A vermiculita é um mineral industrial encontrado em vários países. A produção mundial de vermiculita, em 2015, foi de 408 mt/ano (crescimento de 7% em relação ao ano anterior), tendo como maiores produtores a África do Sul, os Estados Unidos e o Brasil, com cerca de 160, 100 e 70 mil toneladas, respectivamente. Além do Brasil, que é o terceiro maior produtor mundial, outros produtores de vermiculita são o Zimbábue, a Bulgária e a Índia. A produção mundial de vermiculita por país, no ano de 2015, correspondeu a 408.000 toneladas de minério (FRANÇA *et al.*, 2016).

Segundo França *et al.* (2016), a vermiculita expandida é leve e de fácil manuseio, tem propriedades de isolamento acústico e capacidade de absorver e reter uma vasta gama de líquidos. Esse material é utilizado na fabricação de freios automotivos, isolamento térmico de paredes e telhados, produtos da construção civil, rações para animais, horticultura e muitas outras aplicações industriais. A vermiculita é um material não abrasivo, inodoro, não se decompõe, nem promove irritações na pele, possui propriedades isolantes, tanto térmica como acústica, não contém asbestos e é um material não carcinogênico. Suas propriedades de superfície, em particular, área superficial, hidrofobicidade, porosidade e carga superficial negativa, fazem dela um material recomendado para uso como material absorvente e carreador.

A vermiculita pode ainda ser aplicada na fabricação de embalagens industriais para controle da umidade, devido à sua baixa elasticidade e altas capacidades absorptivas e adsorptivas. Além disso, sua densidade baixa, cujos valores na forma natural variam entre 800 a 1.000 kg/m³ e na forma expandida ficam na faixa de 80 a 140 kg/m³, favorecem ainda mais essa utilização (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2008).

Segundo Reis (2001), a vermiculita é um mineral derivado de alteração supergênica de micas, com inúmeras aplicações na construção civil, indústria de manufaturados, agricultura,

horticultura e meio ambiente. Mais especificamente: isolante térmico, concreto leve e isolante de som, painéis e divisórias, portais a prova de fogo, agricultura hidropônica, condicionador de solos, fertilizantes, pesticidas, e absorvedores de óleo, graxas e metais pesados.

Nas palavras de Ugarte; Sampaio; França (2008), na construção civil, o principal uso da vermiculita está na aplicação como:

Isolante térmico e acústico em paredes, na forma de massa para revestimento (reboco), graças à baixa condutividade térmica do material (60 cal/m² h o C, a 25o C) e pequena propagação sonora (médias de coeficiente de redução de ruídos superior a 60%). Normalmente, utilizam-se argamassas com proporções conhecidas, em volumes. Neste segmento industrial, a vermiculita é usada nas granulometrias média, fina e superfina (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2008, p. 880).

Seu uso se destaca ainda em agregado leve para concreto estrutural; na proteção de impermeabilização em lajes de cobertura; em miolo de divisórias e portas “corta-fogo”; em câmaras à prova de som; em câmaras à prova de fogo; em forro decorativo e acústico à prova de fogo (SOUZA; SOUSA, 2017).

A vermiculita expandida ou vermiculite um mineral formado de ferro, alumínio, magnésio hidratado e lamelar, ao sofrer a expansão quando aplicado a ele elevada temperatura, transforma o material em flocos com ar aprisionado, o que lhe dá a característica de ser termo acústico (BARROS; CARDILLO, 2014). Outros produtos de vermiculitas para aplicação na construção civil estão disponíveis no mercado e recebem denominações comerciais fornecidas por cada empresa. Como por exemplo, vermiplac, placas de aglomerado com dimensões métricas; vermibloc, blocos pré-moldados com argamassa gesso/vermiculita usados em divisórias internas; vermifloc é um agregado para argamassa de reboco, o mais usado é o sem fibra, cuja granulometria é adequada a um perfeito entrelaçamento dos grãos com 30% de redução do volume. Solto, pode ser aplicado no isolamento termo acústico de forros, assoalhos e paredes, bem como na cobertura de abóbadas de fornos e estufas (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2008).

A vermiculita por ter em sua composição o material basáltico pode sofrer expansão quando submetida ao calor, pode ser bem utilizada em setores da construção civil. Por ser um ótimo isolante térmico, com custos baixos e de fácil acesso, seu uso na construção civil pode ser viável, partindo da ideia de ser um agregado leve para argamassas e concretos, sendo utilizadas em lajes como coberturas térmicas e em paredes, adicionado em seu reboco (SOUZA; SOUSA, 2017).

A mistura de vermifloc com cimento portland e água proporciona a obtenção de um concreto leve, cuja resistência à compressão pode chegar a 0,7 Mpa. Para cada uso, deve ser adotada uma proporção conveniente entre as quantidades de vermifloc e cimento, atendendo sempre à relação densidade/resistência à compressão. Neste caso, as densidades se referem ao material compacto e seco, e as misturas são fornecidas já prontas, secas, embaladas em sacos de 40 kg, sob o nome de vermimassa. Outras aplicações na construção civil: placas de aglomerado com miolo de chapas metálicas para uso como divisórias; impermeabilizante em lajes de cobertura e massas antifogo para paredes, teto e portais (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2008).

A presente pesquisa se justifica por sua relevância em analisar o uso da vermiculita expandida para construção de habitações sustentáveis. Este é um tema relevante uma vez que, o comércio do mineral industrial Vermiculita representa mundialmente um negócio que gera milhões de dólares. Outro fator importante que demonstra a importância deste estudo é a compreensão de que o âmbito da construção civil é ainda um dos que mais geram resíduos no meio urbano e, por consequência, causa impactos ambientais ao depositá-los na natureza. Entretanto, muitas medidas de sustentabilidade estão sendo empregadas na construção civil por meio de técnicas construtivas mais sustentáveis e fazendo uso de materiais ecoeficientes.

Para o desenvolvimento deste estudo fez-se necessário o seguinte questionamento: Quais os benefícios da Vermiculita em habitações sustentáveis? Este trabalho teve como objetivos pesquisar o uso da vermiculita na construção civil; levantar propriedades e características da vermiculita expandida e destacar o uso da vermiculita em edificações residenciais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta de dados

O presente estudo visa o levantamento de informações a título comparativo do uso da vermiculita expandida na construção civil, de modo que seja empregada em habitações sustentáveis. O estudo classifica-se, de acordo com Mendonça *et al* (2008, p.36), como pesquisa aplicada por ter o objetivo de gerar conhecimento sobre a aplicação e solução de problemas específicos de obras, buscando sempre maior eficiência, segurança e menor custo.

Este estudo tem natureza qualitativa, por aprofundar estudo específico e compartilhar este conhecimento com um grupo social sem levar em consideração a opinião do autor (GERHARDT, 2009, p.31).

Para a coleta das informações será realizado um levantamento bibliográfico em torno dos trabalhos publicados que fizeram uso da vermiculita em seus processos construtivos por meio de revistas, artigos, livros e demais meios de divulgação científica.

2.2 Análise dos dados

A partir de todas as informações coletadas será possível analisar os benefícios do uso da Vermiculita Expandida na construção civil em habitações sustentáveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso da vermiculita na construção civil

A expressão vermiculita é utilizado também para designar comercialmente um grupo de minerais micáceos constituído por cerca de 19 variedades de silicatos hidratados de magnésio e alumínio, com ferro e outros elementos (UGARTE, SAMPAIO, FRANÇA, 2008). Acrescenta-se também que a vermiculita é um mineral industrial encontrado em vários países. Em 2015 sua produção mundial foi de 408 mil toneladas/ano (crescimento de 7% em relação ao ano anterior), tendo como maiores produtores a África do Sul, os Estados Unidos e o Brasil, com cerca de 160, 100 e 70 mil toneladas, respectivamente. Além do Brasil, que é o terceiro maior produtor mundial, outros produtores de vermiculita são o Zimbábue, a Bulgária e a Índia (FRANÇA *et al.*, 2016).

De acordo com Reis (2001), a vermiculita é um mineral derivado de alteração supergênica de micas, com inúmeras aplicações na construção civil, indústria de manufaturados, agricultura, horticultura e meio ambiente. Mais especificamente: isolante térmico, concreto leve e isolante de som, painéis e divisórias, portais a prova de fogo, agricultura hidropônica, condicionador de solos, fertilizantes, pesticidas, e absorvedores de óleo, graxas e metais pesados.

Semelhante à mica a vermiculita é um mineral com flocos brilhantes membro do grupo filossilicato, que com sua baixa condutividade térmica, baixa densidade, alta refratariedade

comparativa, inércia química durável e segurança ambiental, torna-se apropriada para ser aplicada em muitas áreas, inclusive na construção civil. Acrescida ao concreto, a vermiculita pode trazer resultados significativos, tais como redução do peso próprio, resistência ao fogo, e ainda, apresentar um bom desempenho em isolamento térmico e acústico (RASHAD, 2016).

Segundo Santos (2017), na construção civil, um dos principais usos da vermiculita está na aplicação como isolante térmico:

A aplicação do agregado leve vermiculita na construção civil dá-se com as principais finalidades da composição de concreto leve para prover isolamento térmico em lajes e paredes, proteção de impermeabilização em lajes de cobertura, aplicação como enxerto de divisórias e portas corta-fogo, forro decorativo e acústico, entre outras funções. Esse isolamento térmico é possível devido a presença de ar na vermiculita em sua forma expandida, o que contribui para alcançarmos um melhor conforto térmico no interior das edificações (SANTOS, 2017, p. 04).

A Vermiculita quando aquecida a 900°C, expande, aumentando o seu volume entre 8 a 12 vezes o volume original. Com a expansão, poros são gerados e preenchidos por ar, o que confere à vermiculita expandida capacidade de isolamento térmico e atenuação acústica. Por outro lado, na forma expandida, devido a elevado número de poros passa a reter entre 4 a 5 vezes o seu peso, em líquidos. Estas propriedades permitem o seu uso, de forma isolada ou em conjunto com outros materiais, em uma ampla gama de aplicações na construção civil (PORTAL DA ACÚSTICA, 2019).

Por ser um excelente isolante térmico, com baixo custo e de fácil acesso, seu uso na construção civil pode ser viável, partindo da ideia de ser um agregado leve para argamassas e concretos, sendo utilizadas em lajes como coberturas térmicas e em paredes, adicionado em seu reboco (SOUZA, SOUSA, 2017). Desta forma, o uso da Vermiculita é muito comum na composição de argamassas na construção civil. Pois, os espaços vazios criados entre as lamelas de vermiculita, durante a sua expansão térmica, são como pequenos "bolsões" de ar, os quais conferem ao material uma excepcional capacidade de isolamento. As maiores vantagens desse produto para construção civil são o peso reduzido, além das propriedades de isolamento térmico e acústico, proporcionando conforto térmico e diminuição de ruídos entre pavimentos. Por exemplo: 2,5 cm de argamassa com vermiculita fazem o mesmo efeito isolante de um revestimento com 25 cm de concreto comum, demonstrando sua viabilidade econômica (FRANÇA *et al*, 2016).

Em outras palavras, o mineral Vermiculita por ser uma excelente matéria prima para a fabricação de materiais isolantes como, concretos e argamassas, se destaca também na construção civil no uso de blocos/tijolos. Os tijolos de vermiculita expandida (Figura 1)

possuem baixa densidade, boa resistência mecânica e não sofrem influência de termoclase. As suas propriedades tornam o seu uso, no isolamento de fornos e estufas, mais vantajoso. O seu assentamento é realizado da mesma forma normalmente utilizado nas peças refratárias, procedendo-se à amarração e evitando-se juntas ou que elas sejam as mais finas possíveis (RETRÁTIL REFRAATÁRIOS, 2019).

Figura 1: Tijolo Isolante de Vermiculita.



Fonte: RETRÁTIL REFRAATÁRIOS, 2019.

Outro importante uso da Vermiculita no âmbito da construção civil está em sua aplicação em piscinas de vinil. Para eliminar o atrito entre o concreto e o vinil que trazem uma diminuição da vida útil das piscinas, pois, com os deslocamentos, há o aparecimento de trincas, arestas e grânulos que geram furos ou rasgos no filme de vinil. Recomenda-se o revestimento da piscina com uma argamassa composta de vermiculita e cimento oferecendo uma base de apoio lisa, suave, sem grânulos, firme e de durabilidade permanente (MPL, 2010).

O acabamento feito com argamassa à base de vermiculita oferece uma superfície lisa e propriedades lubrificantes, suave e firme, permitindo arredondamento de cantos e uma perfeita aderência do vinil evitando o escorregamento e a formação de rugas. A base de apoio deve ser feita com uma argamassa de cimento e Vermiculita Superfina com espessura de 1,5 a 2 cm, que agregará pouco peso por m^2 à estrutura da piscina. A argamassa a base de Vermiculita é isolante térmico que mantém a água em temperaturas confortáveis por maior tempo (MPL, 2010).

A Vermiculita vem sendo utilizada no Brasil a cerca de 40 anos, em vários mercados além da construção civil como, agricultura, siderurgia, refratários, freios etc. Descoberta a mais de 50 anos nos Estados Unidos, ficou consagrada como principal insumo, na produção de argamassas de proteção passiva e isolamento térmico de sistemas “drywall”, pelo método “loosefillinsulation” (isolamento a granel). Numa rápida evolução observou-se excelente

insumo para produção de argamassas leves bombeáveis (Figura 2) inclusive no México e então, no Brasil (BRASIL MINÉRIOS, 2016).

Figura 2: Argamassas Leves bombeáveis no Brasil.



Fonte: BRASIL MINÉRIOS, 2016.

Na Europa, o conceito de tintas intumescentes e texturas imobiliárias com comportamento de isolamento térmico se consolidou. No Brasil diversas pesquisas acadêmicas foram produzidas, na última década, buscando compreender o comportamento da Vermiculita na sua forma expandida, quando incorporada a argamassas cimentíceas. Nos últimos anos, a técnica de se produzir argamassas secas (farofa) para enchimentos de contrapiso, rapidamente evoluiu para argamassas plásticas de rebocos convencionais, contrapisos bombeáveis e até autonivelantes (BRASIL MINÉRIOS, 2016).

Propriedades e características da vermiculita expandida

A vermiculita é um filossilicato hidratado de morfologia lamelar, e que, quando submetida a uma temperatura de aproximadamente 800°C, sofre uma expansão que pode variar de 8 a 30 vezes o seu volume original. Essa expansão resulta em um material de alta porosidade, resistência ao fogo, baixa densidade, baixa condutividade térmica e é não-tóxica, podendo ser utilizada como condicionadores de solo, sorvente de metais pesados e como agregados leves na construção civil (COSTA, 2019).

A busca por materiais de construção que levam a avanços, principalmente quanto ao aspecto de eficiência energética de edifícios, está cada vez mais constante na atualidade. No Brasil, a NBR 15575 (2013) estabelece os padrões mínimos sobre a

eficiência das edificações no país, trazendo, entre critérios de estabilidade estrutural e vida útil, as diretrizes para obtenção do conforto térmico e acústico e da segurança contra incêndios. Nesse contexto, [...] a vermiculita, possui importantes propriedades, especificamente baixa condutividade térmica e elevada resistência ao fogo (BARROS, 2018, p. 07).

Do mesmo modo, a vermiculita é um mineral formado por hidratados de alumínio e magnésio de ferro, alumínio, magnésio hidratado e lamelar (Figura 3). No estado natural, esse mineral apresenta uma alternância de camadas de mica e camadas duplas de água. Possui propriedade de se expandir rapidamente, perpendicularmente aos planos de clivagem. Quando aquecida pode aumentar em dez vezes o volume original. A vermiculita expandida apresenta baixa condutividade elétrica e quando misturada ao cimento ou ao gesso, em composições de argamassas, funciona como isolante térmico e absorvente acústico (LINS *et al*, 2016).

Figura 3: Vermiculita natural.



Fonte: SOUZA; SOUSA, 2017.

A vermiculita expandida ou vermiculite ao sofrer a expansão quando aplicado a ele elevada temperatura, transforma o material em flocos com ar aprisionado, o que lhe dá a característica) de ser termo acústico (BARROS; CARDILLO, 2014). Os autores Ugarte; Sampaio e França (2008), acrescentam que, outros produtos de vermiculita para aplicação na construção civil estão disponíveis no mercado e recebem denominações comerciais fornecidas por cada empresa. Como por exemplo, Vermiplac (Figura 4) (placas de aglomerado com dimensões métricas); Vermibloc (Figura 5) (blocos pré-moldados com argamassa gesso/vermiculita usados em divisórias internas).

Figura 4: Amostra de Vermiplac.

Fonte: APLIC, 2019.

Figura 5: Amostra de Vermibloc

Fonte: BARICOMP, 2019.

A Vermiplac ou Placa de vermiculita é um produto à prova de fogo feito a partir de vermiculita e tratado para uso em diversas maneiras. Sendo utilizado frequentemente em construção civil por conta de sua resistência ao calor e propriedades de isolamento. Também é comum encontra-lo em fornos, isolamento solto e meios de cultura para a jardinagem. A placa pode geralmente suportar temperaturas de até cerca de 1.200 graus Celsius (METÁLICA, 2019).

Vermibloc que na verdade são blocos pré-moldados com argamassa gesso/vermiculita muito usados em divisórias internas de edificações apresentam características de um isolante térmico. Um material com potencial para o uso como isolante térmico na produção de elementos construtivos que proporcionem redução da carga térmica no interior de edificações contribuindo para a conservação de energia (AZEVEDO, 2017).

Ao passo que, o Vermifloc é um agregado para argamassa de reboco, o mais usado é o sem fibra, cuja granulometria é adequada a um perfeito entrelaçamento dos grãos com 30% de redução do volume. Solto, pode ser aplicado no isolamento termo acústico de forros, assoalhos e paredes, bem como na cobertura de abóbadas de fornos e estufas (Figura 6) (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2008).

Figura 6: Amostra de Vermifloc.



Fonte: MAXPRESS, 2019.

O uso do Vermifloc chega a 78% de redução de peso na obra, é um ótimo isolante térmico e acústico deixando a obra com conforto térmico e menos ruídos entre os pavimentos essencial nos casos de edificações. Tornando-se uma solução leve, fácil e econômica para regularização, enchimento e nivelamento de lajes e pisos. Por ser uma argamassa muito leve, é ideal para obter uma regularização com o mínimo de peso (NTC BRASIL, 2019).

A mistura de Vermifloc com cimento e água proporciona a obtenção de um concreto leve, cuja resistência à compressão pode chegar a 0,7 Mpa. Para cada uso, deve ser adotada uma proporção conveniente entre as quantidades de Vermifloc e cimento, atendendo sempre à relação densidade/resistência à compressão. Neste caso, as densidades se referem ao material compacto e seco, e as misturas são fornecidas já prontas, secas, embaladas em sacos de 40 kg, sob o nome de vermimassa. Outras aplicações na construção civil: placas de aglomerado com miolo de chapas metálicas para uso como divisórias; impermeabilizante em lajes de cobertura e massas antifogo para paredes, teto e portais (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2008).

Segundo França *et al*, (2016), a vermiculita expandida é leve e de fácil manuseio, tem propriedades de isolamento acústico e capacidade de absorver e reter uma vasta gama de líquidos. Esse material é utilizado na fabricação de freios automotivos, isolamento térmico de paredes e telhados, produtos da construção civil, rações para animais, horticultura e muitas outras aplicações industriais. É um material não abrasivo, inodoro, não se decompõe, nem promove irritações na pele, possui propriedades isolantes, tanto térmica como acústica, não contém asbestos e é um material não carcinogênico. Suas propriedades de superfície, em particular, área superficial, hidrofobicidade, porosidade e carga superficial negativa, fazem dela um material recomendado para uso como material absorvente e carreador.

O uso de vermiculita expandida em argamassas leves, está cada vez mais difundido, uma vez que, as suas características químicas, mineralógicas e microestruturas, conferem propriedades relevantes como a diminuição de peso estrutural, ausência de toxidez, incombustibilidade, capacidade de absorção de líquidos e isolamento térmico e acústico. Agregados de borracha reciclada de pneus (Figura 7) também têm sido utilizados em concreto, visando principalmente melhorar à resistência ao impacto (CINTRA *et al*, 2014).

Figura 7: Agregados de borracha reciclada de pneus.



Fonte: ENGENHARIA CIVIL, 2019.

A incorporação de agregados reciclados de borracha de pneus em argamassas leves de revestimento contendo vermiculita não só pode contribuir para a sustentabilidade e proteção ambiental, mas também para diminuir o custo comparativamente às argamassas só com vermiculita (Figura 8) (CINTRA *et al*, 2014).

Figura 8: Argamassa com vermiculita.



Fonte: PROEXE, 2019.

A vermiculita por ter em sua composição o material basáltico pode sofrer expansão quando submetida ao calor, pode ser bem utilizada em setores da construção civil. Por ser um ótimo isolante térmico, com custos baixos e de fácil acesso, seu uso na construção civil pode ser viável, partindo da ideia de ser um agregado leve para argamassas e concretos, sendo utilizadas em lajes como coberturas térmicas e em paredes, adicionado em seu reboco (SOUZA; SOUSA, 2017) (Figura 9).

Figura 9: Vermiculita Expandida.



Fonte: NEGOCIO.COM, 2019.

A vermiculita no estado natural (Figura 10a), apresenta características pouco interessantes para aplicação, entretanto, em seu estado expandido (Figura 10b), apresenta características interessantes, como baixa densidade, sem compactação, deve estar entre 70 – 140 kg/m³.

Figura 10a: Vermiculita Natural



Fonte: UGARTE; MONTE, 2004.

Figura 10b: Vermiculita Expandida



Outra característica da Vermiculita expandida é a baixa condutividade térmica, pois, após a expansão, o material apresenta alta porosidade, o que permite à vermiculita uma baixa condutividade, cerca de 0,06 kcal m/m²°C, a 25°C, o que permite sua utilização como isolante

térmico. Além da baixa condutividade acústica quando usada em argamassas e concretos tem demonstrado uma capacidade de redução de ruídos de até 62%. Apresentando também, uma elevada capacidade de troca iônica que se torna importante nas aplicações da vermiculita na agricultura, pois ela é utilizada como veículo não só de nutrientes orgânicos, como também, como portador de defensivos agrícolas. A vermiculita pode ainda, reter grande quantidade de água, chegando a até 5 vezes o seu próprio volume, devido à sua alta porosidade. Ela não possui componentes orgânicos nem outros produtos combustíveis, podendo suportar temperaturas de até 1.100 °C sem sofrer alterações na sua estrutura (FRANÇA *et al*, 2016).

Uso da vermiculita em edificações residenciais

A vermiculita foi descoberta no ano de 1824 no estado de Massachusetts nos Estados Unidos por Thomas H. Webb. O termo Vermiculita vem do latim *vermiculus*, que significa pequeno verme, esse nome se deve ao fato de que quando em expansão sob aquecimento, as partículas deste mineral movimentam-se de maneira semelhante a vermes (CINTRA, 2013).

No passado a terminologia vermiculita era muito mal utilizada, sendo aplicada a todo mineral micáceo-lamelar que fosse capaz de expandir ou esfoliar quando aquecido. Através de estudos químicos e difração de raios X, foi demonstrado que muitos minerais até então classificados como vermiculitas eram, na verdade, camadas interstratificadas de mica-vermiculita e cloritavermiculita (NUNES, 2014, p. 52).

De acordo com os estudos de Costa (2019), é notório que as edificações residenciais e comerciais consomem grande parte de energia para aquecer e resfriar os ambientes internos e, conseqüentemente, os condicionadores de ar emitem quantidades significativas de gases do efeito estufa nos aglomerados urbanos. No entanto, as preocupações para redução do consumo energético e emissão de gases almejam, portanto, avanços no uso dos materiais capazes de armazenar energia no processo de transição de fase. Nos estudos do autor, foi desenvolvida uma formulação de materiais com mudança de fase por adição combinada de vermiculita, diatomita e parafina aplicados em argamassas cimentícias. Os resultados demonstraram que a adição simultânea de vermiculita e diatomita à composição dos Materiais com mudança de fase –PCMs resultaram na melhoria das suas propriedades térmicas, mantendo suas características fundamentais como estabilidade química e estrutural.

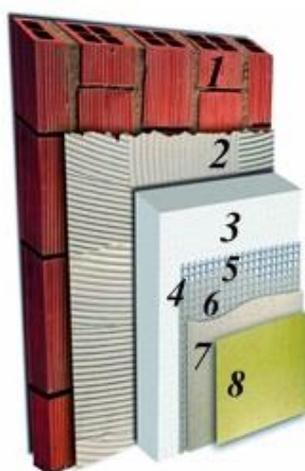
Devido ao avanço industrial, houve um considerável crescimento no setor mineral, acarretando o aumento na geração de resíduos no país. Uma solução eficaz seria reutilizar ou reciclar esses resíduos, podendo ser transformados em agregados, dando origem a outros

materiais ocasionando ganhos ambientais, sociais e econômicos. Diante disso, os estudos de Dias *et al* (2018), avaliaram a resistência à compressão em argamassas para revestimento de paredes contendo resíduos mineral de vermiculita. Os resultados demonstraram que as argamassas apresentaram resistência à compressão satisfatória, em até 13,25 Mpa, e que os teores de substrução de 0%, 30%, 60% são similares e relevantes.

De acordo com Cardozo, Antunes (2019), nas construções o concreto é um dos materiais estruturais mais utilizados no mundo tendo como característica seu peso próprio elevado. Na tentativa de reduzir os esforços estruturais gerados pelo peso do concreto e conseqüentemente baixar os custos das edificações inclusive as residenciais, as construtoras têm reconhecido a necessidade de utilização de um concreto leve na construção civil. A maneira mais comum de se obter concretos leves é introduzindo ar em sua composição e uma das alternativas para realização do mesmo é utilizando agregados porosos em sua mistura, como por exemplo a vermiculita. Indicam ser possível a produção de concretos com massa específica reduzida, apresentando um fator eficiência superior ao concreto convencional.

É comum e frequente a busca por materiais e soluções para a construção que venham a proporcionar avanços, no que se refere a eficiência energética de edifícios. Por isso, o sistema de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) (Figura 11), é uma solução construtiva que apresenta inúmeras vantagens para a envolvente dos edifícios, tanto na parte do conforto no interior como a eficiência energética.

Figura 11: Sistema de isolamento térmico pelo exterior – ETICS. 1. Parede; 2. Argamassa de Colagem; 3. Isolamento Térmico; 4. Argamassa de Regularização; 5. Rede de Fibra de Vidro; 6. Argamassa de Regularização; 7. Primário; 8. Revestimento de Acabamento.



Fonte: Obras360, 2019.

Contudo, é crescente a busca por novos materiais para a construção civil com o objetivo de proporcionar melhores resultados comparados com os materiais já existentes. Surgindo então, a vermiculita que por ser um mineral natural, que possui importantes propriedades, baixa densidade, apresenta uma boa resistência térmica e elevada resistência ao fogo.

Nos estudos de Rösner e Antunes (2019), foi analisado o desempenho de argamassa com incorporação de vermiculita com intuito de utilizar como isolante térmico no sistema ETICS. A vermiculita foi caracterizada quanto à granulometria, termogravimetria e difratometria de raios X. Os resultados dos autores demonstraram que a argamassa com vermiculita apresenta propriedades mecânicas superiores aos isolantes térmicos conhecidos, além de possuir resistência térmica. A argamassa com incorporação de vermiculita apresenta resultados maiores de tração na flexão e a compressão axial comparados aos outros isolantes térmicos já utilizados para o ETICS, garantindo estabilidade e durabilidade do sistema.

A vermiculita apresenta características peculiares, é um material não abrasivo, inodoro, PH essencialmente neutro, não se decompõe e possui propriedades isolantes térmicas devido a sua alta temperatura de sinterização. Uma vez expandida apresenta baixa densidade, características de isolante acústico, alta absorção de líquidos e elevada área superficial permitindo várias aplicações na construção civil principalmente em edificações residenciais (PERALTA, 2009).

Os estudos de Sundhakumar (2001 apud BARROS, 2018), demonstraram que compósitos de cimento com vermiculita como material de preenchimento em painéis de telhados aumentam o conforto térmico no interior do edifício, já que esses painéis possuem boa capacidade de amortecimento térmico.

Por ser um eficiente isolante térmico - acústico a aplicação da vermiculita através de reboco, utilizando argamassas pode ser usado com os seguintes traços em volumes: Vermiculita: Cal: Cimento: Areia = 3:1:1:1. Já para os revestimentos internos o volume indicado é de Vermiculita: Cal: Cimento = 3:1:1. Na construção civil seu uso também tem sido frequente na produção de concretos leves, para confecção de contra piso de nivelamento de lajes em edifícios com os volumes de Vermiculita : Cimento : Água = 4:1:2 (esta mistura quando curada apresenta um peso de aproximadamente 700 Kg/m³). As vantagens da Vermiculita na construção civil é o baixo peso, uma vez que, é 15% a 30% mais leve quando comparado com um concreto estrutural. Em termos de isolamento, apenas 2,5 cm da argamassa com Vermiculita Expandida equivalem a 25,0 cm de concreto comum. A facilidade de aplicação em relação ao concreto convencional, podendo ser aplicada manualmente. Quanto as características de resistência ao fogo são totalmente reconhecidas e aprovadas pelas Seguradoras e Corpo de

Bombeiros, e ainda, constitui substrato adequado para assentamento de pisos cerâmico e revestimentos impermeabilizantes (RETRÁTIL REFRAATÁRIOS, 2019).

Importante acrescentar que a adição de vermiculita expandida em pastas de cimento previne a retração do cimento durante o período de cura, aumentando também a resistência a cargas dinâmicas e térmicas, o que contribui para a promoção de um bom isolamento (BARROS, 2018). Na construção civil principalmente no que se refere as edificações residenciais o uso da vermiculita traz relevantes benefícios com sua aplicação:

O uso da vermiculita expandida incorporada à argamassa e ao concreto, trazem diversos benefícios para a construção. Uma das principais vantagens é a redução do peso da estrutura, e com estudos recentes, passou-se a perceber as vantagens também no uso em relação à isolamentos térmicos e acústicos (BEUTHER, 2015, p. 22).

De acordo com os estudos de Santos *et al* (2018), pode-se compreender que, apesar da vermiculita ainda ser um material pouco explorado na área da construção civil o seu emprego, pode ser a solução para obras de médio e pequeno porte por expor peculiaridades tão importantes. Os autores apresentaram em seus estudos de argamassa com vermiculita, que a argamassa com vermiculita apresentou um volume 5,2 vezes maior que a argamassa convencional, porém, a com vermiculita alcançou uma massa específica de aproximadamente 2,79 vezes menor que a argamassa convencional, o que comprova o ganho em relação ao peso da estrutura. Contudo, o engenheiro civil necessita prezar as viabilidades técnicas, econômicas, qualidade e conforto que uma edificação carece de exibir, sendo ainda necessário destacar as facilidades de se obter esse material no território brasileiro, onde suas vantagens comprovadas valem o custo benefício.

Em edificações residenciais o revestimento argamassado, é um dos mais utilizados em obras de alvenaria, pois devido à sua capacidade de resistência, o revestimento se tornou um dos elementos estruturais mais importantes de uma obra. Entretanto, acrescentar a vermiculita no revestimento argamassado é uma prática que amplia os benefícios do revestimento e oferece diversas vantagens à construção civil. A análise do desempenho de um revestimento com a aplicação de um minério não comumente utilizado para estes fins como é o caso da Vermiculita em argamassa leve, testes de resistência à tração, demonstraram resultados satisfatórios ao observar o aumento da resistência onde o minério foi aplicado. No traço em que a areia foi substituída pelo minério em 20%, a resistência chegou a 0,77 Mpa (DANTAS; SOUZA, 2019).

Souza (2012) estudou as características mecânicas e térmicas de argamassas com adição de gesso, gesso/EVA e gesso/vermiculita, sendo a condutividade térmica um dos parâmetros de maior relevância em seus estudos com valores de 0,43 W/m.K, 0,41W/m.K e 0,22 W/m.K,

respectivamente para as composições avaliadas. Aplicando em um modelo de alvenaria completo e comparando os resultados de condutividade térmica obtidos através do método do fluxímetro (ABNT NBR 15220/2003), verificou-se que utilizando o revestimento de argamassa de gesso e de gesso/EVA tem-se uma redução de 18% de carga térmica em relação ao caso de referência. Já utilizando o revestimento de argamassa de gesso/vermiculita tem-se uma redução de 36%. Contudo, das argamassas estudadas a que contém gesso/vermiculita é a que possibilita melhor isolamento térmico.

Ao analisar valores da construção de uma casa de 100 m², no valor estimado de 120.000,00 e alvenarias internas e externas em torno de 500 m², sendo traço da argamassa sugerido pela Brasil Minérios composto por 1,5 saco de vermiculita, 1 lata de areia, 1 saco de cal, 1 lata de cimento e com espessura de 3 cm tem rendimento de 5,8 m². Se a argamassa tiver em sua composição a Vermiculita totalizará um valor de R\$ 13.000,00; e sem a Vermiculita corresponderá um valor de R\$9.000,00. Portanto, a argamassa com Vermiculita terá um acréscimo de 45%, e o valor final da casa totalizará um aumento somente de 3,4%. Demonstrando que o pequeno aumento no valor da obra, vale o seu custo benefício de uma vedação acústica e térmica em até 30 % no ambiente em que é utilizado a Vermiculita na composição da argamassa (BRASIL MINÉRIOS, 2016).

Um estudo realizado em 2010 no Laboratório de Materiais de Construção Civil- LMCC, na Universidade Federal de Santa Maria, teve como objetivo obter resultados do isolamento ao ruído de impacto, referente às amostras de placa de borracha com vermiculita super fina, com espessuras de 5 mm, 10 mm e 15 mm, as placas acústicas analisadas apresentaram resultados satisfatórios perante os índices $L'_{nT,w}$ (Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado) solicitados para aprovação da norma 15575:2010 e também isolamento acústico ao ruído de impacto em lajes de edificações residenciais, com relação à viabilidade econômica, o custo calculado para este produto está dentro do preço executado no mercado, concluindo portanto, que o produto está pronto para ser comercializado na construção civil (OGAWA; ÁVILA FILHO; RASSI, 2014).

A aplicação de concreto leve (Vermiculita) na construção de edificações residenciais, além de reduzir as cargas da fundação, apresenta melhoria no desempenho térmico e de resistência ao fogo, quando comparado ao concreto tradicional. Na composição de concreto leve, o agregado vermiculita permite uma redução do valor da massa específica do concreto de até 35%, quando comparado aos concretos com agregados tradicionais. No aspecto de sustentabilidade, mais precisamente no impacto ambiental do uso de tais agregados, especialmente na construção, requer que o estudo compreenda o processo de produção do

material, o processo de construção, consequências no projeto estrutural, manutenção e reciclagem. Considerando todos esses pontos, o concreto leve mostra-se um material de baixo impacto ambiental quando comparado a outros materiais (ROSSIGNOLO, 2003).

O uso da Vermiculita na forma expandida em edificações residenciais tem se tornado cada vez mais frequente por apresentar resultados satisfatórios na questão do atendimento ao objetivo proposto seja na utilização como isolante térmico ou acústico em paredes, na massa para revestimento, piso, argamassa entre outros. Outro fator que contribui para a preferência na escolha do mineral Vermiculita nas edificações é a questão de ser um material sustentável, apresentando poucos danos ao meio ambiente em sua produção e em sua degradação.

3 CONCLUSÃO

Levando-se em consideração os aspectos apontados entende-se que o âmbito da construção civil é adepto a uma competição por mais eficiência e melhores resultados, originando constante pesquisa e estudo de novas técnicas e materiais. Portanto, a utilização de materiais alternativos que busca atender a princípios sustentáveis, traz um importante diferencial. Tendo em vista o cenário desafiador, um material alternativo vem ganhando destaque na construção civil: a vermiculita. O comércio do mineral industrial vermiculita representa mundialmente um negócio que gera milhões de dólares.

O Brasil é hoje o terceiro maior produtor de vermiculita do mundo produzindo cerca de 17% da produção mundial. A vermiculita é um mineral, com vasta aplicação industrial devido às peculiaridades da sua estrutura química e mineralógica, na sua forma expandida encontra dezenas de aplicações. Na construção civil, seu uso tem aplicabilidade como isolante térmico e acústico em paredes, massa para revestimento, argamassa e outros.

Sua utilização torna-se um atrativo uma vez que, os produtos obtidos tendo como base a vermiculita é resistente ao fogo, inodoro, apresentando baixa condutividade elétrica, não se decompõe, deteriora ou apodrece, além de, não atrair cupins ou insetos. Em construções conscientes e sustentáveis, é atualmente um dos materiais mais sustentáveis uma vez que, trata-se de um mineral. O conhecimento de novas tecnologias e de materiais sustentáveis como é o caso da Vermiculita agrega ao projeto um valor ecológico o que contribui para a competitividade, tornando-se cada vez mais uma exigência na área da construção civil.

REFERÊNCIAS

APLIC, 2019. Disponível em< <https://www.hubo.be/nl/p/mdf-plaat-244x122-cm-18mm/216010.html>> Acesso em: 14 set. 2019.

AZEVEDO, Clara Caroline de Araújo. **Estudo de comportamento térmico de compósito à base de gesso e vermiculita.** 2017. Disponível em< https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/23390/1/ClaraCarolineDeAraujoAzevedo_DISSERT.pdf> Acesso em: 24 set. 2019.

BARICOMP, 2019. Disponível em< <https://placarrevestimento.lojaintegrada.com.br/tijolo-de-gesso->> Acesso em: 10 set. 2019.

BARROS, Andréia Gonçalves de Almeida; CARDILLO, Harrison Ramon Porto. **Concreto Leve com Vermiculita Expandida.** 2014. Disponível em<<https://repositorio.ucb.br/jspui/handle/10869/4688>> Acesso em: 08 de mai. 2019.

BARROS, Ilana Maria da Silva. **Análise térmica e mecânica de argamassas de revestimento com adição de vermiculita expandida em substituição ao agregado.** 2018. Disponível em<<https://sigaa.ufrn.br/sigaa/verProducao>> Acesso em: 14 set. 2019.

BEUTHER, Eric. **Desenvolvimento de argamassas com adições porosas.** 2015. Disponível em< https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/157184/TCC_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 30 set. 2019.

BRASIL MINÉRIOS. **Vermifloc Acústico.** 2016. Disponível em<http://brasilminerios.com.br/wp-content/uploads/2016/10/Folder-VERMIFLOC-Acustico_Contrapiso.pdf>Acesso em: 10 set. 2019.

CARDOZO, Ariádny Comin; ANTUNES, Elaine Guglielmi Pavei. Concreto leve: mistura híbrida com argila expandida e vermiculita. **Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil UNESC.** 2019. Disponível em<<http://repositorio.unesc.net/handle/1/6488>>Acesso em: 13 set. 2019.

CINTRA, C. L. D. Argamassa para revestimento com propriedades termoacústicas, produzida a partir de vermiculita expandida e borracha reciclada de pneus. Tese (Doutorado) –Programa de Pós– Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013. Disponível em<<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/718>> Acesso em: 14 set. 2019.

CINTRA, C. L. D; PAIVA, A. E. M; BALDO J. B. Argamassas de revestimento para alvenaria contendo vermiculita expandida e agregados de borracha reciclada de pneus - Propriedades relevantes. **Cerâmica** vol.60 no.353 São Paulo Jan./Mar. 2014. Disponível em<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132014000100010>Acesso em: 13 set. 2019.

COSTA, José Airton Cunha. **Formulação de materiais com mudança de fase por adição combinada de vermiculita, diatomita e parafina aplicados em argamassas cimentícias.** Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte. Centro De Ciências Exatas e da Terra – CCET.

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. 2019. Disponível em<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/27063/1/Formulaçãomateriaismudança_Costa_2019.pdf> Acesso em: 13 set. 2019.

DANTAS, Cassiane Neres; SOUZA, Renan Alves da Rosa. **Aplicação da vermiculita em argamassas leves para revestimentos de tetos e paredes.** 2019. Disponível em<<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3079.pdf>> Acesso em: 30 set. 2019.

DIAS, Renata Tomaz Vieira; ARAÚJO, Silvia Noelly Ramos de; MEIRA, Ariadne Soares; LOPES NETO, José Pinheiro. **Resíduo de vermiculita na resistência à compressão em argamassas de revestimento.** 2018. Disponível em<http://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/212_rdvnr%C3%A0ceadr.pdf>Acesso em: 24 set. 2019.

ENGENHARIA CIVIL, 2019. Disponível em< <https://www.engenhariacivil.com/agregados-borracha-pneus-reciclados-setor-construcao>> Acesso em: 20 set. 2019.

FRANÇA, Silvia C. A; BRAGA, Paulo F. A; COUTO, Hudson J. B; GONÇALVES, Caroline C. **Vermiculita, mais que um mineral termo acústico.** 2016. Disponível em<<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2016/CAC00460016.pdf>>Acesso em: 07 de set. 2019.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa.** Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2009. Disponível em:<<http://www.ufrgs.br/>>. Acesso em:10 set. 2019.

LINS, R. R. F.; PEIXOTO, R. S. DUTRA; MACEDO, D. A.; NASCIMENTO, R. M.; OLIVEIRA, G. V. M. **Efeito da Adição de Vermiculita Expandida nas Propriedades Tecnológicas de Materiais Cerâmicos de Base Argilosa.** 2016. Disponível em<<http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/111-006.pdf>> Acesso em: 13 set. 2019.

MAXPRESS, 2019. Disponível em<https://www.maxpress.com.br/Conteudo/1,916686,Vermifloc_Acustico_Novo_produto_de_isolacao_sonora_de_baixo_custo_e_alta_eficiencia_para_paredes_e_lajes,916686,6.htm> Acesso em: 12 set. 2019.

MENDONÇA, Alzino Furtado de; ROCHA, Cláudia Regina R.; NUNES, Heliane Prudente. **Trabalhos acadêmicos:** planejamento, execução e avaliação. Goiânia, 2008. 196 p.: il. ISBN 978-85-89787-04-8

METÁLICA. **O que é placa de vermiculita.** 2019. Disponível em< <https://metalica.com.br/o-que-e-placa-de-vermiculita-2/>> Acesso em: 24 set. 2019.

MPL - Mineração Pedra Lavrada Ltda. **Ficha Técnica Vermiculita.** 2010. Disponível em<https://www.impercia.com.br/_img/produtos/BOL2086.pdf> Acesso em: 24 set. 2019.

NEGOCIO.COM. 2019. Disponível em< <https://br.negocio.com/neg%C3%B3cio-ind%C3%BAstria-agro+s%C3%A3o-paulo-e-regi%C3%A3o/vermiculita-expandidabentonitaargilaargamassa-especial/15628507/>> Acesso em: 12 set. 2019.

NTC Brasil. **NTCFLOC Vermiculita Expandida**. 2019. Disponível em<<https://www.ntcbrasil.com.br/wp-content/uploads/vermiculita-expandida-folder.pdf>> Acesso em: 24 set. 2019.

NUNES, Eduardo Raimundo Dias. **Influência da vermiculita expandida na formulação de pastas leves para evitar a migração de gás em cimentação de postos petrolíferos**. Tese (Doutorado em Processamento de Materiais a partir do Pó; Polímeros e Compósitos; Processamento de Materiais a part) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em< <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/12855>> Acesso em: 24 set. 2019.

OGAWA, Matheus de Oliveira Afonso; ÁVILA FILHO, Mauro César; RASSI, Pedro Fábio. **Isolamento acústico ao ruído de impacto em lajes de edifícios habitacionais**. 2014. Disponível em< https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ISOLAMENTO_ACÚSTICO_AO_RUÍDO_DE_IMPACTO_EM_LAJES_DE_EDIFÍCIOS_HABITACIONAIS.pdf> Acesso em: 04 out. 2019.

OBRAS360, 2019. Disponível em<<https://www.obras360.pt/etics-lp>> Acesso em: 24 set. 2019.

PERALTA, Marvin Marco Chambi. **Tratamento químico de uma vermiculita visando seu uso em compósitos de polipropileno**. 2009. Disponível em< <file:///D:/Downloads/dissertacao.pdf>> Acesso em: 17 set. 2019.

PORTAL DA ACÚSTICA. **Vermiculita Expandida**. 2019. Disponível em< <http://arquivos.portaldaacustica.com.br/pdfs/VERMEXP.pdf>> Acesso em: 04 out. 2019. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais Universidade Federal do

PROEXE, 2019. Disponível em< <http://www.proexe.com.br/argamassa-leve>> Acesso em: 14 set. 2019.

RASHAD, Alaa M. **Vermiculite as a construction material: A short guide for Civil**. 2016 Disponível em<https://www.researchgate.net/publication/306420527_Vermiculite_as_a_construction_material_-_A_short_guide_for_Civil_Engineer> Acesso em: 07 set. .2019.

REIS, Elpídio. **Vermiculita no Brasil Situação Atual** – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2001. Disponível em <<https://www.finep.gov.br/images/a-finep/fontes-de-orcamento/fundos-setoriais/ct-mineral/vermiculita-no-brasil.pdf>> Acesso em: 05 set. 2019.

RETRÁTIL REFRAATÁRIOS. **Vermiculita Expandida**. 2019. Disponível em<<http://www.refratil.com.br/produto/vermiculita-expandida>> Acesso em: 24 set. 2019. Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em<<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/12855>> Acesso em: 14 set. 2019.

RÖSNER, Rodrigo Rickrot; ANTUNES, Elaine Guglielmi Pavei. **Análise das propriedades físico-mecânicas de placas cimentícias com vermiculita para uso no ETICS**. 2019. Disponível em<<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/6523/1/RodrigoRickrotRosner.pdf>> Acesso em: 13 set. 2019.

ROSSIGNOLO, João Adriano. Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para pré-fabricados esbeltos - Dosagem, produção, propriedades e microestrutura. Tese de Doutorado. USP. São Carlos. 2003. Disponível em<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-25102005-104002/pt-br.php>> Acesso em: 10 out. 2019.

SANTOS, F. A. **Estudo da variação da relação SiO₂/Al₂O₃ na produção de geopolímeros para imobilizar contaminantes.** Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2017. Disponível em<<https://www.ufpe.br/documents/39810/1355139/Fabio.pdf/75bfbebb-00be-4aa6-a716-97e1a19780c4>> Acesso em: 30 set. 2019.

SANTOS, Lumara Silva; SILVA, Paulo Henrique Correia; ROCHA, Rafael Straioto; BORGES, Rafaella de Oliveira; SOUSA Janaíne Mônica de Oliveira; PARADA, Joaquim Orlando. **Vantagens do uso da vermiculita expandida na construção civil.** 2018. Disponível em<<http://repositorio.aee.edu.br/jspui/bitstream/aee/1564/1/VANTAGENS%20DO%20USO%20DA%20VERMICULITA%20EXPANDIDA%20NA%20CONSTRU%C3%87%C3%83O%20CIVIL.pdf>> Acesso em: 30 set. 2019.

SOUZA, Amanda Cristina Holanda de; SOUSA, Stefânea Alice de. **Desempenho Térmico em Paredes: Ensaios Utilizando Placa Arduino.** 2017. Disponível em<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/23/1/2017_TCC_Amanda_E_Stef%C3%A2nea.pdf> Acesso em: 07 set. 2019.

SOUZA, Vívian Aparecida Lima. Estudo do comportamento de materiais não convencionais utilizados como revestimento de paredes, visando a redução da carga térmica. Dissertação de Mestrado. João Pessoa, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFPA, 2012. Disponível em<<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/5207/1/arquivototal.pdf>> Acesso em: 04 out. 2019.

UGARTE, J. F. O; MONTE, M. B. M. **Caracterização tecnológica e aplicações de vermiculitas brasileiras.** Relatório Técnico Final. CETEM, 2004.

UGARTE, José Fernandes de Oliveira Ugarte; SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Silvia Cristina Alves. Vermiculita. **Rochas & Minerais Industriais.** 2ª ed. Ed. Adão Benvindo da Luz e Fernando Antonio Freitas Lins. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. Disponível em<[file:///D:/Downloads/Rochas%20Min.Ind.2a%20edicao%20\(Adao%20e%20F.Lins\).pdf](file:///D:/Downloads/Rochas%20Min.Ind.2a%20edicao%20(Adao%20e%20F.Lins).pdf)> Acesso em: 13 set. de 2019.