ADIÇÃO DE EVA E VERMICULITA EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO: ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO[1]

MENEZES, F. Y. M., IFPB, e-mail: igorlogradouro@hotmail.com; SOUZA, S. J. M. de, IFPB, e-mail: sarajamille03@gmal.com; GONÇALVES, F. F., IFPB, e-mail: felipe_fernandez201@hotmail.com; MOURA, D. M. D. de., IFPB, e-mail: dielhomariano@hotmail.com; SILVA, C. J. V., IFPB, e-mail: cjoelson@ymail.com; SANTOS, R. A. dos, IFPB, e-mail: robson.arrudas@gmail.com

ABSTRACT

The search for better thermal comfort in buildings has led to the need for a coating capable of isolating the temperature from the external environment to the internal as well as the heat output from the inter of the built areas. It is with this perspective that this work seeks, from the comparison between mortars with EVA and vermiculite, to determine if there was an increase in the thermal insulation of walls coated with these mortars in relation to the mortar without addition. In this way, the proportions of 1.25%, 2.50%, 3.75% and 5.00% were determined in relation to the sand mass for each addition, and then 1m x 1m walls with 2cm thickness were constructed for the coating in each percentage and their respective additions. To obtain the temperature data, a thermal camera was used in which an hourly capture was taken from 6:00 am to 11:00 a.m. for three days in order to obtain representative averages. Therefore, the use of the additions is satisfactory since there were samples that culminated in an increase of up to 107.12% more than the conventional one.

Keywords: *Thermal comfort. Additions. Coating mortars.*

1. INTRODUÇÃO

O setor calçadista tem participação de pouco mais de 10% no Produto Interno Bruto, PIB, do Brasil, com uma produção de 944,2 milhões de pares de calçados durante o ano de 2015 (ABICALÇADOS, 2016). Trazendo grandes impactos negativos para o meio ambiente, destacando-se a geração de resíduos sólidos, pauta que há quase dez anos ganha destaque no cenário nacional como uma preocupação ambiental e econômica, com a aprovação da Lei 12.305 em 2010, lei que rege a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

[1] MENEZES, F. Y. M., SOUZA, S. J. M. de, GONÇALVES, F. F., MOURA, D. M. D. de., SILVA, C. J. V., SANTOS, R. A. dos. Adição de EVA e vermiculita em argamassas de revestimento: análise do desempenho térmico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Em paralelo, tem-se crescente necessidade do homem de adquirir formas sustentáveis de se construir. Melo e Lima Filho (2009), verificaram em seus estudos o resíduo de Etileno Acetato de Vinila (EVA) proveniente das indústrias calçadistas como uma interessante opção para adições ou substituições de agregados.

Apolônio *et al.* (2010) ressalta a importância do sistema de vedação vertical para um melhor conforto ambiental. Assim, a procura por um melhor conforto térmico nas edificações fez surgir à necessidade de uma argamassa de revestimento que possua propriedades isolantes capazes de desempenhar esse papel.

Ademais, Cintra (2013) avalia a vermiculita, que tem origem mineral e possui características que beneficiam em diversas propriedades esse tipo de argamassa, tais como: diminuição do peso estrutural, ausência de toxidez, incombustibilidade, capacidade de absorção de líquidos. A vermiculita expandida é muito versátil em possibilidades de aplicação, sendo um dos seus principais usos em agregados para concretos leves, para melhoramento de propriedades térmicas e acústicas (SCHWARTZ *et al*., 2005). Esse vasto quadro de aplicações viabiliza a inserção desse material na construção civil, contribuindo para a sustentabilidade em obras.

Entendendo que os sistemas de vedação vertical convencionais possuem limitações quanto ao conforto térmico, o objetivo principal desta pesquisa foi desenvolver e investigar o desempenho térmico de argamassas de revestimento contendo adições em diferentes proporções de vermiculita e EVA, a fim de compara-las com a argamassa de revestimento convencional já utilizada no mercado, de forma a atender aos requisitos da norma vigente NBR 15575-1 (ABNT, 2013). Propondo-se assim, uma alternativa de destinação mais sustentável para os rejeitos das indústrias calçadistas, além da redução do consumo de agregados naturais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo apresentado é de cunho experimental baseado em dados amostrais, do tipo quantitativo. Utilizou-se como métodos para obtenção de resultados, a comparação de traços de argamassas com adições de vermiculita e EVA em relação ao traço convencional, aplicados em paredes de alvenaria.

2.1 Materiais

Foram utilizados o cimento CP II Z 32, agregado miúdo médio oriundo do comércio local, resíduos de EVA proveniente de fábrica calçadista, vermiculita fina industrializada e blocos cerâmicos de 8 furos (dimensões de 9x19x24 cm), para realização desse estudo.

Outro material utilizado foi a câmera termográfica (figura 1). Esta é do tipo termovisor, de curto alcance, que dimensiona e captura a temperatura

gerando assim, um gradiente com faixa de medição. Para calibração do equipamento, utilizou-se emissividade de 0,85 permanecendo constante durante todo o experimento.

Figura 1 – Câmera Térmica



Fonte: Autores (2018)

E para análise dos resultados, optou-se por um estudo estatístico através do software matemático R.

2.2 Métodos

2.2.1 Caracterização dos agregados

Os materiais utilizados nos traços das argamassas passaram por um processo de caracterização de acordo com as normas vigentes, como segue o quadro 1:

Quadro 1 – Caracterização dos agregados

Norma	Ensaio	
ABNT NBR NM 248/2003	Granulometria	Módulo de Finura
		Diâmetro Máximo Característico (mm)
ABNT NBR NM 52/2003	Massa Específica (g/cm³)	
ABNT NBR NM 45/2006	Massa Unitária	Solta (kg/m³)
		Compactada (kg/m³)

Fonte: autores (2018)

2.2.2 Determinação da dosagem

Utilizou-se, nessa pesquisa, o traço em volume de 1:3 (cimento e areia) tido como convencional para Thomaz (2001). Para as adições de EVA e vermiculita utilizaram-se porcentagens, de acordo com o volume da areia, indicadas na tabela 1.

Tabela 1 – Porcentagens das adições dos materiais

Nº T1:	Nº	Vermiculita	Nº	EVA	Nº	Vermiculita + EVA
Convencional (0,0 % de adição)	T2	1,25 %	T6	1,25 %	T10	0,625 % + 0,625%
	T3	2,50 %	T7	2,50 %	T11	1,250 % + 1,250%
	T4	3,75%	T8	3,75%	T12	1,875% + 1,875%
	T5	5,00 %	T9	5,00 %	T13	2,500 % + 2,500%

Fonte: Autores (2018)

As porcentagens foram adotadas de acordo com o peso específico dos materiais, uma vez que o EVA e a vermiculita são materiais leves e que possuem assim, um volume maior (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2005).

2.2.3 Ensaio de compressão

A partir da dosagem determinada, utilizando como método a NBR 13279 (ABNT, 1995), Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão, foram moldados corpos de prova para realização do ensaio de compressão. Em relação à amostragem, foram moldados três corpos de prova, para cada traço e idade, onde foram rompidos com 7, 14 e 28 dias. Desta forma, o fator água-cimento (a/c), foi determinado a fim de se obter uma melhor trabalhabilidade e plasticidade da argamassa conforme a NBR 13276 (ABNT, 2005) chegando aos resultados dispostos no quadro 2.

Quadro 02 – Fator Água/Cimento

Traços	a/c
T1	0,77
T2	0,69
T3	0,90
T4	0,95
T5	1,46
T6	0,79
T7	0,87
T8	0,93
T9	0,98
T10	0,84
T11	0,85
T12	0,95
T13	1,17

Fonte: Autores (2018)

2.2.4 Análise do desempenho térmico

Foram construídas, com blocos cerâmicos e argamassa de assentamento (traço 1:3) que teve sua mistura de forma manual, 13 paredes de alvenaria (figuras 2) de meia vez com 1m². Estas, foram revestidas com 2cm de argamassa na qual, teve-se uma parede para cada traço de acordo com a tabela 1.

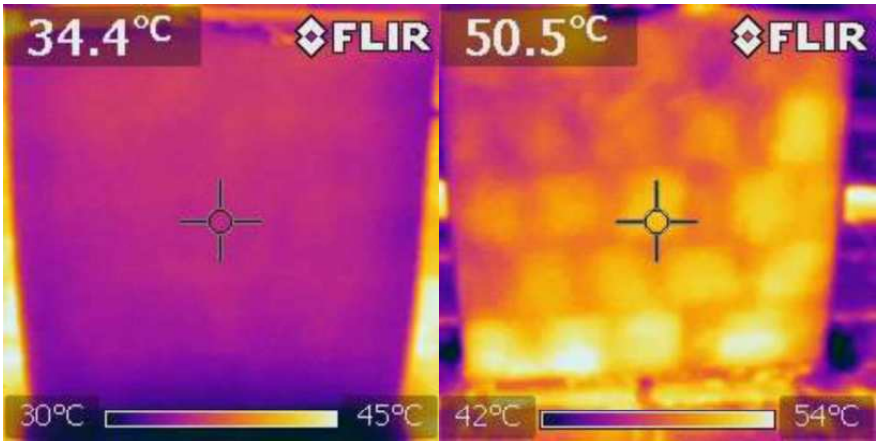
Figura 2 – Parede de alvenaria com 2,50% de adição de EVA



Fonte: Autores (2018)

Após a cura, durante três dias, no período de 06 a 11 horas da manhã, analisou-se a capacidade de vedação vertical do sistema, a cada hora. Essa analise se deu de forma comparativa entre a face externa (superfície vertical da parede exposta à irradiação solar) e a interna (superfície vertical da parede não exposta à irradiação solar) (figura 3), de cada parede por meio de uma câmera termográfica.

Figura 3 – Leitura térmica das paredes de alvenaria onde, a esquerda encontra-se a face interna e a direita a face externa



Fonte: Autores (2018)

A coleta das temperaturas ocorreu a uma distância de 1,5m, de acordo com a incidência dos raios solares no sistema de revestimento. O propósito de realizar as leituras em três dias distintos é obter uma média de

temperatura representativa de cada face da parede para assim obter dados confiáveis.

2.2.5 Análise estatística

A análise dos resultados foi composta por uma abordagem estatística através do software matemático R, que teve como objetivo avaliar se as médias e a variância dos resultados são estatisticamente diferentes e representativas em relação aos dados e, portanto, confiáveis. Para tal utilizou-se o teste Anova.

Para avaliar se houve correlação entre os dados obtidos através do ensaio de compressão e os resultados da câmera térmica, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson uma vez que, este indica o grau de correlação entre as variáveis. O fator de segurança utilizado pra ambos foi de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Índices físicos

Os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados foram obtidos através da média calculada com os valores encontrados e estão dispostos no quadro 3.

Quadro 03 – Resultados dos ensaios de caracterização

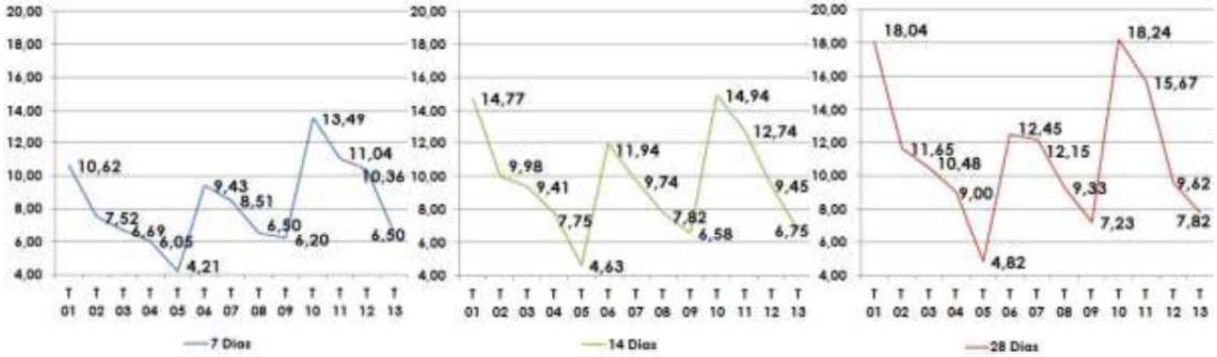
Ensaio		Areia	EVA	Vermiculita
Granulometria	Módulo de Finura	3,04	1,54	3,92
	Diâmetro Máximo Característico (mm)	4,8	0,6	4,8
Massa Específica (g/cm³)		2,81	1,25	0,1
Massa Unitária	Solta (kg/m³)	1330	230	120
	Compactada (kg/m³)	1500	280	130

Fonte: Autores (2018)

3.2 Análise da argamassa de revestimento no estado endurecido

Após realizado o ensaio de resistência a compressão axial, utilizando a NBR 13279 (ABNT,1995), verificou-se que houve um decréscimo na resistência a compressão axial (figura 4) das argamassas acrescidas com os dois materiais na medida em que houve um aumento das adições, o que também foi verificado na pesquisa de Cintra (2013). Com exceção das adições concomitantes dos materiais, em que se obtiveram valores acima do traço de referência. Entretanto, essa baixa nos resultados não representa um problema, uma vez que, argamassas de revestimento não sofrem esforços dessa natureza conforme Passos, Carasek e Amaral (2016).

Figura 4 – Resultados do ensaio de resistência à compressão axial (s_C)



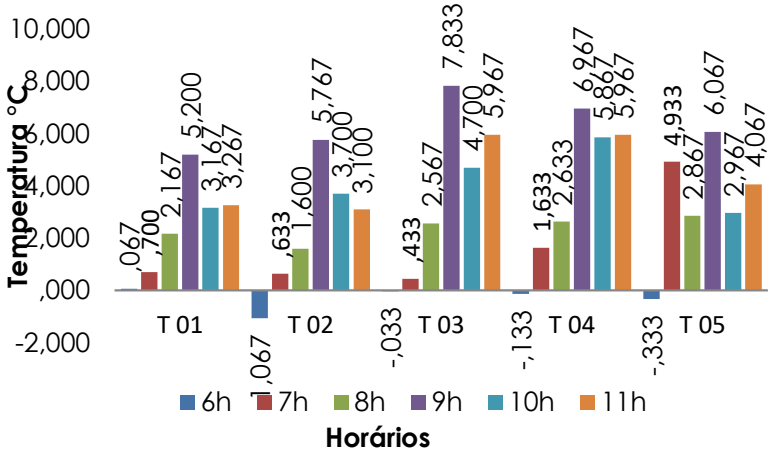
Fonte: Autores (2018)

Os resultados obtidos embora, em sua maioria, inferiores à argamassa convencional ainda assim, atendem aos parâmetros da NBR 13281 (ABNT, 2005) se enquadrando nas classes T04 ($4,0 \leq \sigma_C \leq 6,5$), T05 ($5,5 \leq \sigma_C \leq 9,0$) ou T06 ($\sigma_C > 8,0$).

3.3 Análise Térmica

As paredes com adição de EVA não apresentaram, inicialmente (às 6h), isolamento térmico. Isto se dá devido à baixa incidência de raios solares nas horas iniciais. No entanto, das 7h às 11h foi observado que a argamassa acrescida de EVA influenciou significativamente no isolamento térmico como mostra a figura 5.

Figura 5 – Leitura térmica através da câmera termográfica – avaliação do isolamento térmico com adição de EVA.



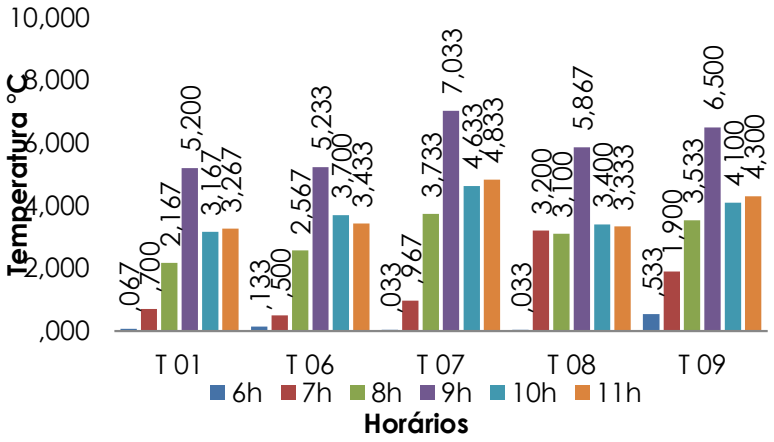
Fonte: Autores (2018)

A T02 obteve isolamento térmico inferior à parede de referência, contudo a T03 e a T04 tiverem um desempenho superior, isolando 50,58% e 34,04%, respectivamente, a mais que a parede de referência no horário de 9h. Esse alto desempenho se deu devido à baixa densidade da argamassa em razão da adição do EVA, pois se sabe que quanto menor a densidade da

argamassa menor a propagação de calor pelo revestimento, o que também foi percebido por Passos, Carasek e Amaral (2016).

Nas paredes com adição de vermiculita notou-se, em todas, um desempenho superior em relação à parede de referência, na qual essa análise pode ser verificada na figura 6.

Figura 6 – Leitura térmica através da câmera termográfica – avaliação do isolamento térmico com adição de Vermiculita.

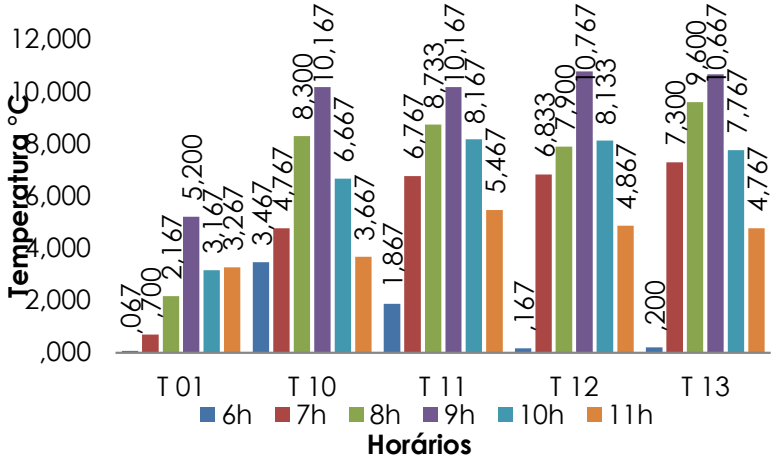


Fonte: Autores (2018)

Observou-se ainda que, com o aumento no teor de vermiculita houve um crescimento contínuo, exceto na adição de 3,75% (T08) que diminui em relação às demais paredes com o mesmo agregado. A que melhor se comportou termicamente foi à T07, com adição de 2,5%, com um aumento de 35,20% em relação à parede de referência no horário das 9h.

Com relação às paredes com adição de EVA e vermiculita, notou-se que houve um grande aumento no isolamento térmico, obtendo assim o melhor desempenho entre todas as amostras testadas uma vez que, no horário em que houve a maior média na variação de temperatura, às 9h, a T12, que obteve o melhor desempenho, apresentou um aumento de 107,12% na eficiência do isolamento térmico em relação à parede de referência como evidencia a figura 7.

Figura 7 – Leitura térmica através da câmera termográfica – avaliação do isolamento térmico com adição de EVA e Vermiculita.



Fonte: Autores (2018)

Usando como referência a NBR 15575-1(ABNT, 2013) pode-se constatar que todas as porcentagens de adições utilizadas foram satisfatórias quanto ao isolamento térmico dos sistemas de vedações verticais (temperatura interna < temperatura externa). Sendo as adições conjuntas dos agregados leves as de melhor desempenho. Cintra (2013) obteve resultados também relevantes quanto a condutividade térmica em argamassas com a utilização de agregados leves, percebendo que quanto menor a densidade do revestimento menor também a condutividade térmica do sistema. Os resultados, portanto, apontam os agregados leves como uma interessante opção sustentável e eficiente, no que se refere ao desempenho térmico das argamassas de vedação. Todavia, estudos complementares se fazem necessários para uma possível aplicação do material no mercado.

3.4 Análise Estatística

A análise dos dados do ensaio de compressão e dos dados obtidos através da análise térmica indica que os mesmos são estatisticamente diferentes e representativos (valor-p<0,05), o que garante a confiabilidade dos mesmos.

Por outro lado, ao aplicar o método de correlação de Pearson para as variáveis de compressão e de temperatura, observou-se que para as adições de vermiculita e EVA mais vermiculita, tem-se uma correlação moderada com ρ=0,5444916 e ρ =0,5810788, respectivamente. Contudo, há uma fraca correlação entre as variáveis para a adição de EVA (ρ=-0,4377471).

4. CONCLUSÃO

Com base nos ensaios realizados e seus resultados encontrados pode-se concluir que o uso de agregados leves em argamassas de vedação é uma alternativa promissora para a construção civil.

As adições de resíduo de EVA e vermiculita, em proporções iguais, foram as que mostraram um melhor desempenho térmico e, portanto, as mais indicadas para serem usadas no mercado com essa finalidade. Sendo que, a de 3,75% foi julgada a mais adequada, com um isolamento de 107,12% a mais que o sistema de vedação convencional. Se mostrando em concordância com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), assegurando que a temperatura interna da edificação deve ser menor que a externa. E a NBR 13281 (ABNT, 2005), estando classificada como argamassa do tipo T06.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 248.** Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 52.** Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 45.** Agregados: Determinação da massa unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13279.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à compressão – Método do ensaio. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13276.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparação da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13281.** Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-1.** Edificações Habitacionais – Desempenho, Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

APOLÔNIO, R. M.; OMAR, L. G.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; CARVALHO, B. C. Avaliação do desempenho térmico da envoltória de edificação comercial na cidade de Cuiabá. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13., 2010, Canela.

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS (ABICALÇADOS). Sem fronteiras. Disponível em: < http://www.abicalcados.com.br/ >. Acesso em: 05 dez, 2017

CINTRA, C. L. Argamassa para revestimento com propriedades termo acústicas, produzida a partir de vermiculita expandida e borracha reciclada de pneus. *Repositório Institucional UFScar*, dez 2013.

MELO, A. B; LIMA FILHO, M. R. F. Avaliação de desempenho estrutural de protótipos com paredes construídas com blocos EVA. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p.141-155, out. 2009.

PASSOS, P. M. dos; CARASEK, H.; AMARAL, G. M. Avaliação da capacidade isolante térmica de revestimentos de argamassa. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

SCHWARTZ, M. O. E. *et al.* Avaliação de Adição de Vermiculita na Secagem de Massa Cerâmica através da Curva de Bigot. **Cerâmica Industrial**, v. 10, n. 1, p. 28-30, 2005.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção civi**l. São Paulo: Editora Pini, 2001.

UGARTE, J. F. O.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. Vermiculita. In: **CETEM.** Rochas e minerais industriais. 1 ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2005. Cap. 32, p.677-698.