

## Caracterização Tecnológica das Matérias Primas Argilosas do Médio Amazonas

Lucas Fernandes Santos<sup>a\*</sup>, Raimundo Humberto Cavalcante Lima<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Geociências, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, AM, Brasil

\*e-mail: lucasantosplp@gmail.com

### Resumo

A indústria da cerâmica vermelha tem como um de seus objetivos a busca por informações que contribuam para o desenvolvimento de melhorias de seus produtos e processos. O estudo das matérias primas é fundamental para estas pretensões. No Amazonas as matérias primas argilosas utilizadas no setor cerâmico pertencem as unidades geológicas: Formações Novo Remanso e Alter do Chão, além dos depósitos aluvionares dos rios Negro, Solimões e Amazonas. A região do médio Amazonas, mais especificamente as cidades de Itacoatiara e Rio Preto da Eva (AM), possuem uma quantidade muito significativa dessas matérias primas. O objetivo da pesquisa foi estudar novas formulações de massa utilizando as argilas coletadas na região mencionada aditivada com pós de casca de ovo, vidro e escamas de peixe. Foram preparadas massas com 90% de argilas e 10% de aditivos e realizadas análises tecnológicas para caracterizar as amostras e indicar um possível potencial para a indústria cerâmica. A massa que teve melhor desempenho de ruptura (TRF) foi a LP-03 (90% de argila da Fm Novo Remanso misturada com 10% de pó de casca de ovo).

**Palavras-chave:** argilas, cerâmica vermelha, média Amazonas.

## 1. Introdução

As indústrias cerâmicas no seu processo produtivo utilizam matérias-primas provenientes de sedimentos argilosos e/ou alterações de minerais formadores de rochas com alto grau de heterogeneidade, tanto do ponto de vista mineralógico quanto em relação ao grau de alteração dos seus minerais. Esta heterogeneidade dificulta sobremaneira a previsão do comportamento mecânico do produto final, tais como tijolos e telhas<sup>1</sup>.

Diretamente relacionadas à qualidade e à modernização das indústrias, as matérias-primas usuais no setor cerâmico, devem ser estudadas com detalhes em função de suas propriedades, visando à manufatura de produtos com qualidade superior, custo competitivo no mercado e vida útil das jazidas disponíveis<sup>2</sup>.

Na indústria cerâmica tradicional as matérias-primas estratégicas são as argilas, as quais tem fundamental importância na aglutinação e processamento, e também atuam como agentes sintetizadores desenvolvendo assim, após a queima, uma resistência mecânica e maior estabilidade nas condições de seu uso.

Na região do médio Amazonas, mais especificamente as cidades de Itacoatiara e Rio Preto da Eva (AM), são privilegiadas pela disponibilidade de uma quantidade expressiva de matéria prima argilosa e uma demanda populacional significativa que justificaria um investimento para o estabelecimento de um Arranjo Produtivo Local (APL) na região.

Essas matérias-primas, pouco conhecidas e estudadas pelos pesquisadores, na maioria das vezes são citadas nas pesquisas de forma mais geral, com pouco conhecimento específico. Contudo em discordância com esse cenário,

Riker et. al.<sup>3</sup> do Serviço Geológico do Brasil (CPRM/MA) aprofundaram nas pesquisas com matérias-primas importantes na área da construção na região do médio Amazonas.

Segundo esses autores as principais matérias primas argilosas no médio Rio Amazonas relacionam-se com as Formações Novo Remanso e Alter do Chão, como também, aos depósitos aluvionares nos rios Solimões, Negro e Amazonas. O material argiloso proveniente destes depósitos tem favoráveis expectativas quando a sua aplicação na indústria cerâmica.

O estudo das propriedades dos materiais provenientes das unidades geológicas descritas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, CPRM<sup>4</sup>, o presente trabalho ocorreu através de uma caracterização tecnológica das matérias primas coletadas, com o intuito de colaborar com o levantamento de informações para uma possível exploração mineral e visando auxiliar as empresas do setor na região de estudo.

A utilização de rejeitos e resíduos de indústrias são muitas vezes incorporadas as massas cerâmicas com o intuito de melhorias nas propriedades físico-químicas das matérias primas minerais.

## 2. Procedimentos

### 2.1. Revisão bibliográfica

O trabalho iniciou-se com o um levantamento bibliográfico, com o objetivo de adquirir bases teóricas para a realização do projeto, Também foram examinados mapas e perfis da região, com o propósito de unir dados para os trabalhos de campo.

## 2.2. Seleção e descrição dos materiais representativos

Nos trabalhos de campo foram realizadas observações dos perfis deposicionais e posterior coleta de amostras, principalmente aquela já usadas na indústria cerâmica local.

A coleta das amostras foi feita em afloramentos nas proximidades da rodovia estadual AM-010, englobando os municípios de Itacoatiara e Rio Preto da Eva. Foram coletadas 5 amostras de aproximadamente 1kg em 5 diferentes afloramentos.

Posteriormente as amostras foram descritas e levadas para o laboratório, colocadas em uma estufa a 60 °C para que fosse feita a secagem, subsequentemente uma moagem em um moinho de bolas (Figura 1).

## 2.3. Análises mineralógicas

Para a identificação mineralógica dos argilominerais por difratometria de raios-X (DRX), foi utilizado o aparelho da marca SHIMADZU XRD6000 (Figura 2), com radiação  $\text{CoK}\alpha$ , monocromador de grafite e operado a 40 kV e 25 mA. As amostras foram moídas e, posteriormente, depositadas sobre uma lamina de alumínio e submetido a análise de difração DRX. Na análise por DRX, utilizou-se irradiações angulares de 5° a 60° (2 $\theta$ ), com intervalo de 0,02°2 $\theta$  a cada minuto.



Figura 1. Moinho de Bola.



Figura 2. Laboratório de técnicas mineralógicas DEGEO - UFAM.

## 2.4. Análises físicas

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Minerais (LAMIN) da CPRM em Manaus, o qual é equipado com um granulômetro a laser Mastersizer 3000. A análise gerou uma tabela com os percentuais de cada intervalo de diâmetro para a proporção de 100% da amostra analisada e um gráfico com a curva das análises de cada amostra (diâmetro vs volume %).

A técnica de difração a laser para medir o tamanho das partículas é feita através da medição da intensidade da luz difundida como um feixe de laser passa através de uma amostra de partículas dispersas. Estes dados são então analisados para calcular o tamanho das partículas criadas que o padrão de dispersão. O aparelho constituído pela bancada óptica, unidade de dispersão e juntamente com o software, realiza três ou mais análises num intervalo de 5 segundos cada, retirando uma média destas análises para chegar a um resultado final da análise granulométrica para cada amostra desejada.

## 2.5. Análises químicas por FRX

As análises químicas foram realizadas através da espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), na amostra total.

Para a realização do procedimento as amostras foram transformadas em forma de pó usando almofariz e pistilo de ágata e então colocadas em pequenos tubos no equipamento. O Epsilon 3<sup>x</sup> é um espectrômetro de raio X que utiliza o método de energia dispersiva para determinação dos óxidos dos elementos maiores presentes nas amostras ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ), as análises foram realizadas no Laboratório de Materiais da Amazônia e Compósitos (LAMAC) - UFAM

## 2.6. Ensaios tecnológicos cerâmicos

Posteriormente ao processo de moagem, as amostras foram umedecidas, com aproximadamente 8%, e submetidas à prensagem em moldes de aproximadamente 7cm × 2cm × 0,7cm (Figura 1) com uma densidade, aproximada, de 1,6 g/cm<sup>3</sup> e secos em estufa por 24 horas a 100 °C.

A queima foi realizada em um forno Jung (Figura 3C), na temperatura de 1100 °C, para todas as amostras em ciclos de queima de 10 °C em 2 patamares, permanecendo na temperatura máxima durante 180 minutos e resfriada naturalmente dentro do forno.

Para determinação das propriedades cerâmicas foram feitos os ensaios de Absorção de Água (AA) (ABNT NBR 9778:2005)<sup>5</sup>, retração linear de queima (RLQ) (ABNT NBR 305:1962) e tensão de ruptura à flexão (TRF) (ABNT NBR 15310:2005)<sup>6</sup> (Figuras 1).

## 2.7. Experimento de misturas

Com a possibilidade de se estudar novos materiais para serem usados como aditivos nas massas cerâmicas foram realizadas misturas de 10% da amostra total, com 3 (três) materiais diferentes (pó de vidro, casca de ovo e de escama de pirarucu) em todas as amostras. As amostras foram moídas no moinho de alta rotação com base fixa



**Figura 3.** (A) Realização do ensaio de TRF; (B) Prensa hidráulica utilizada para a confecção dos Corpos de prova; (C) Forno Jung onde foi realizado as queimas; (D) Realização do ensaio de AA.

do LABMAT – UFAM, com exceção das escamas de pirarucu que por apresentarem uma resistência muito grande, foram calcinadas e posteriormente pulverizadas em almofariz e pistilo de ágata. Em seguida feita a confecção dos moldes e os ensaios tecnológicos seguiram as mesmas especificações que as amostras naturais.

### 3. Resultados

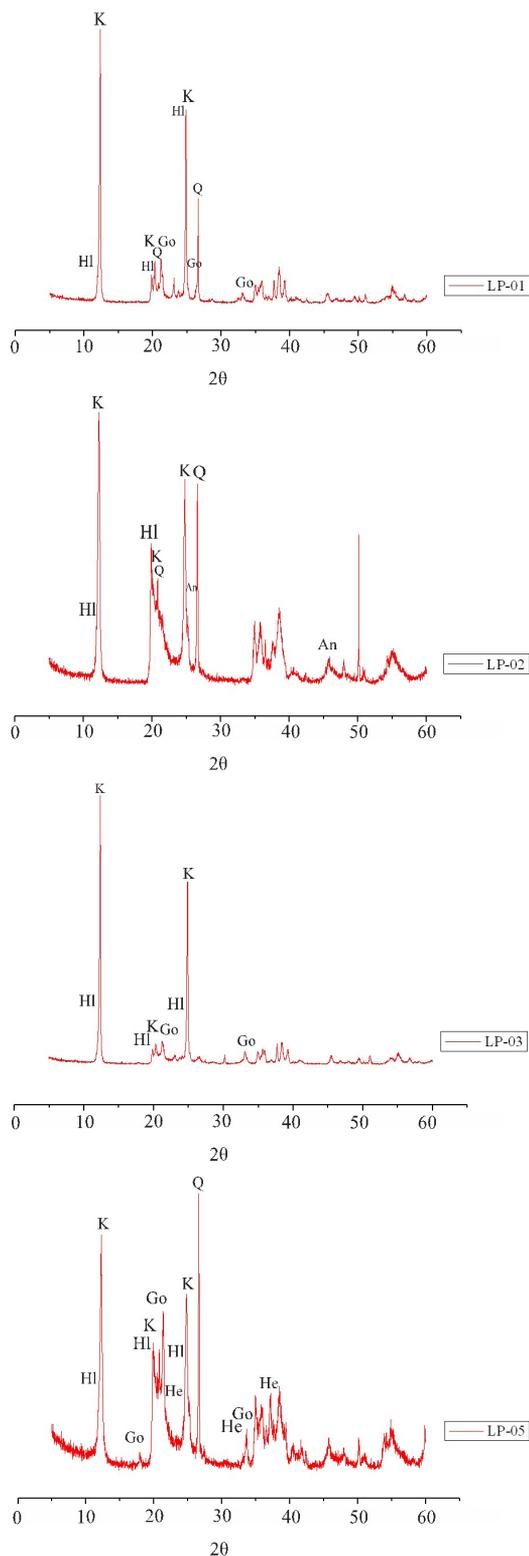
#### 3.1. Descrição das amostras

Cada uma das amostras possui características particulares, a amostra LP-01 é rosada, com grão muito finos de argilas e material arenoso em uma quantidade significativa da amostra, LP-02 é rosada muito clara quase branca, essencialmente composta por grãos muito finos, apesar de ter uma pequena quantidade de material arenoso, LP-03 possui uma coloração mais forte, com um tom laranja avermelhado, com grãos muito finos e pouca quantidade de material arenoso e a amostra LP-05 observou-se uma coloração marrom clara, material essencialmente argiloso, com pouco material arenoso.

Após a secagem e moagem, iniciou-se a confecção dos corpos de provas, os quais foram utilizados nos ensaios tecnológicos. Nesta preparação a amostra LP-04 não conseguiu ser compactada de forma eficaz, com isso não foi utilizada no trabalho.

#### 3.2. Análises mineralógicas

Em geral, nas análises mineralógicas, foi possível identificar os seguintes minerais Caulinita (K), Halloysita (HI), Goethita (Go), Quartzo (Q), Anastásio (An) e Hematita (He), alterando apenas suas proporções em cada amostra. No difratograma da amostra LP-01 (Figura 4) observa-se que o quartzo é o mineral predominante,



**Figura 4.** Difratoograma das amostras LP-01, LP-02, LP-03 e LP-05. Q = Quartzo, K = Caulinita, HI = Halloysita, Go = Goethita, He = Hematita e An = Anastásio. Fonte: Elaborado pelo autor.

além de caulinita, haloysita e goethita. Já na amostra LP-02, foram identificados, quartzo, caulinita, haloysita e anatásio. A amostra LP-03, diferencia das outras amostras pois é mais evidente a caulinita, em seguida o haloysita, observa-se também os picos de menor intensidade referente a goethita, demonstrando uma maior concentração de ferro na amostra. Na amostra LP-05, foram identificados, caulinita, haloysita, quartzo, anatásio, goethita e hematita.

### 3.2.1. Características químicas

Os resultados obtidos nas análises químicas das amostras das argilas estão apresentados na Tabela 1.

As amostras das argilas apresentam uma porcentagem média de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , de 46,45% e 38,15%, respectivamente. Esta porcentagem esta em concordância com a análise mineralógica que foi realizada, os teores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{SiO}_2$  correspondem essencialmente aos minerais quartzo, caulinita e haloysita,

O teor máximo de ferro, com 13,69%, 15,794% e 14,4% m/m  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nas amostras LP-01, LP-03 e LP-05, respectivamente, sugerem a presença dos minerais ferruginosos que de acordo com a difratometria de raios-X são goethita e hematita, além disto os maiores valores de  $\text{TiO}_2$ , apareceram nas amostras LP-02, LP-03 e LP-05, de 3,009%, 2,442% e 2,935%, respectivamente, aparecendo como produto da alteração da rocha.

### 3.3. Análises físicas

O teor de areia nas amostras varia de 8% a 49%, o que mostra uma variedade muito grande de na quantidade de material arenoso nas amostras estudadas, a quantidade de argila nas amostras apresenta-se variando de 4% a 13%. O conteúdo de silte nas amostras é muito superior em quase todas as amostras variando de 41% a 78%, aproximadamente (Tabela 2).

Tabela 1. Dados químicos obtidos por FRX.

Compostos (%)	LP-01	LP-02	LP-03	LP-05
$\text{SiO}_2$	46,18	51,181	43,253	45,192
$\text{Al}_2\text{O}_3$	38,394	40,824	37,421	35,973
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,402	0,493	0,491	0,747
$\text{K}_2\text{O}$	0,034	0,023	0,121	0,059
$\text{CaO}$	0,096	0,12	0,098	0,193
$\text{TiO}_2$	0,968	3,009	2,442	2,935
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	13,698	3,671	15,794	14,4

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 2. Valores percentuais dos tamanhos das partículas em areia, silte e argila.

Classe Granulométrica	LP-01	LP-02	LP-03	LP-05
Argila	9,69	4,55	13,87	5,20
Silte	41,20	53,14	78,12	63,76
Areia	49,11	42,31	8,02	31,04

Fonte: Elaboração do autor.

As características granulométricas mais marcantes das amostras são (Figura 5): o conteúdo muito superior da fração silte, nas amostras LP-02, LP-03 e LP-05, valores baixo de argila na maioria das amostras, com exceção da amostra LP-03 que tem uma quantidade de argila significativa de 13%, os valores de areia no material são muito variáveis, se mantendo elevados nas amostras LP-01, LP-02 e LP-05, com uma diminuição muito brusca na amostra LP-03 que obteve um valor de aproximadamente 8% de teor de areia.

### 3.4. Análises tecnológicas

Em relação às propriedades tecnológicas cerâmicas, verificou-se que os teores dos parâmetros analisados nas amostras naturais, ou seja, sem aditivos, são muito próximos, provavelmente devido à grande homogeneidade mineralógica e química das mesmas. A amostra LP-03 se sobressai ligeiramente, especialmente quanto aos valores de TRF (Figura 6), pois esta apresenta um diferencial do tamanho das partículas, com teor em areia inferior as outras amostras.

Com relação as misturas observamos uma diminuição nos valores de AA, TRF e RLQ (Figuras 6, 7 e 8), com a adição de pó de casca de ovo e pó de escamas de pirarucu. O incremento de pó de vidro, não mostrou um resultado positivo, com exceção na amostra LP-03 nos valores de TRF, que foi superior a 14  $\text{Kgf/cm}^2$  (Tabela 3), este

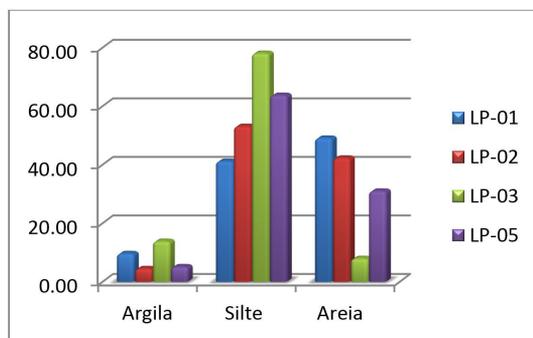


Figura 5. Histograma com a porcentagem de silte-argila e areia nas amostras. Fonte: Elaboração do autor.

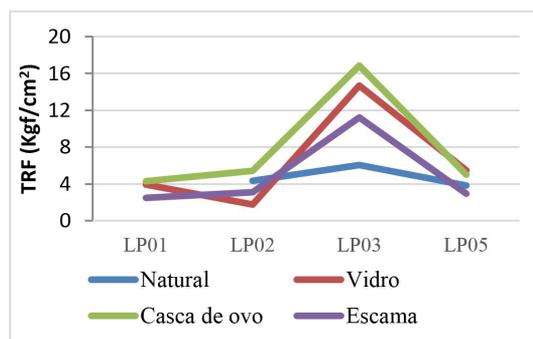
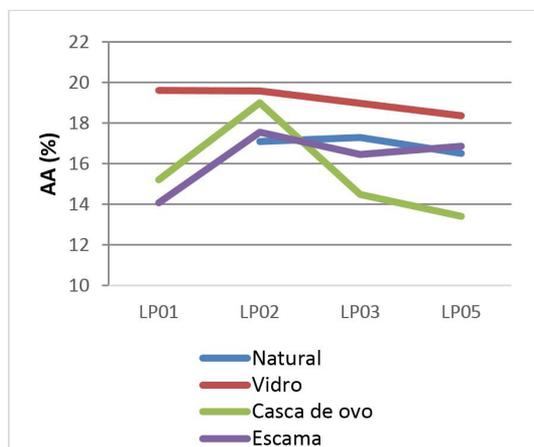


Figura 6. Gráfico em linha mostrando a variação dos valores de TRF ( $\text{Kgf/cm}^2$ ). Fonte: Elaboração do autor.

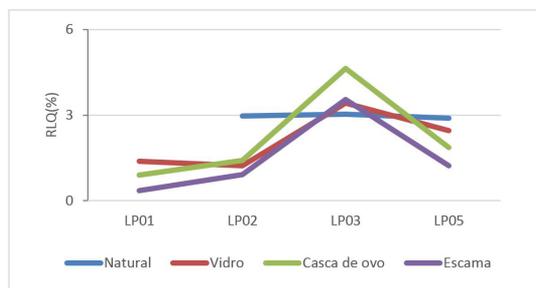
**Tabela 3.** Resultados dos ensaios tecnológicos realizados nos CP's.

Matérias primas	Ensaio Tecnológico	LP-01	LP-02	LP-03	LP-05
Natural	RLQ (%)	-	2,97	3,04	2,90
	TRF (Kgf/cm <sup>2</sup> )	-	4,35	6,06	3,81
	AA (%)	-	17,09	17,29	16,53
Vidro	RLQ (%)	1,38	1,23	3,42	2,46
	TRF (Kgf/cm <sup>2</sup> )	3,92	1,76	14,71	5,48
	AA (%)	19,61	19,60	18,99	18,38
Casca de Ovo	RLQ (%)	0,90	1,41	4,64	1,87
	TRF (Kgf/cm <sup>2</sup> )	4,27	5,41	16,87	5,00
	AA (%)	15,22	19,00	14,50	13,43
Escama	RLQ (%)	0,35	0,92	3,55	1,23
	TRF (Kgf/cm <sup>2</sup> )	2,50	3,09	11,21	2,94
	AA (%)	14,09	17,55	16,47	16,86

Fonte: Elaboração do autor.



**Figura 7.** Gráfico em linha mostrando a variação dos valores de AA (%). Fonte: Elaboração do autor.



**Figura 8.** Gráfico em linha mostrando a variação dos valores de RLQ (%). Fonte: Elaboração do autor.

resultado insatisfatório é decorrente do incremento de grãos de vidro muito grosso na massa dos corpos e prova que não preencheu os espaços vazios após a queima de maneira satisfatória, o que não aconteceu na amostra LP-03 em decorrência da pouca quantidade de grãos de areia na amostra.

## 4. Conclusão

Pode-se concluir que:

Dentre as amostras estudadas foi observado um maior potencial na amostra LP-03, a qual obteve resultados satisfatórios em todos os ensaios realizados, este desempenho satisfatório ocorreu em decorrência do maior teor de argila na amostra, o que também é evidenciado em sua mineralogia com o predomínio de argilominerais como a Caulinita e Halloysita, a química também evidencia mostra que o há teores mais baixos de SiO<sub>2</sub>, o que indica uma ausência de quartzo principal componente das areias.

Com relação aos aditivos que foram testados o de maior potencial foi o pó de casca de ovo, esta superioridade explica-se em decorrência de dois fatores, o primeiro seria a falta de controle quanto a granulométrica dos aditivos que foram misturados, pois como foram usados diferentes métodos para a moagem, a diferença granulométrica pode ter influenciado nas características das massas cerâmicas, além disto a temperatura de queima não foi suficiente para fundir de maneira eficaz o vidro e a escama, que são compostos respectivamente de SiO<sub>2</sub> e Fluorapatita, com isso estes aditivos não fecharam de maneira eficaz os espaços vazios na massa cerâmica durante a queima.

Através deste estudo mostrou-se que as argilas da região do médio amazonas tem um potencial significativo para a indústria cerâmica como um todo, principalmente para a indústria da cerâmica vermelha, além disto o uso de aditivos se mostrou viável e muito eficaz em grande parte das amostras estudadas.

## Referências

- GRUN, E. Caracterização de argilas provenientes de Canelinha/SC e estudo de formulações de massas cerâmicas. Joinville: UESC, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais), Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2007.
- ALEXANDRE, J. Análise de matéria-prima e composições de massa utilizada em cerâmicas vermelhas. Campos dos Goytacazes: UENF, 2000. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia com ênfase em Geotecnia), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000.

3. RIKER, S.R.L. et al. Informe de Recursos Minerais. Série Rochas e Minerais Industriais n. 03. Projeto Materiais de construção no domínio médio Amazonas. Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2008. 168 p.: il., 2 mapa; 30cm.
4. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Informe de Recursos Minerais. Programa Geologia do Brasil. Série Rochas e Minerais Industriais n. 03. Projeto Materiais de construção no domínio médio Amazonas. Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2008. 168 p.: il., 2 mapa; 30cm.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específicas: NBR-9778. Rio de Janeiro, 2005. 4 p.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Componentes cerâmicos – telhas - terminologia, requisitos e métodos de ensaio: NBR-15310. Rio de Janeiro, 2005. 11p