

ESTUDO DAS AREIAS FORNECIDAS EM MANAUS/AM

Helder Manuel da Costa Santos¹

Resumo – A areia no município de Manaus/AM constitui, entre os agregados da construção civil, um dos itens mais utilizados devido ao crescimento e expansão urbana. A demanda crescente por areia tem causado preocupação devido ao aumento das áreas de extração e pelo desconhecimento de suas propriedades tecnológicas, ou seja, se estão de acordo com as especificações definidas pelas normas brasileiras. A presente pesquisa teve como objetivo analisar a qualidade tecnológica das areias fornecidas em Manaus usadas na construção civil. Para tal foram realizadas atividades de campo e de laboratório com base nas normas brasileiras. As pesquisas de campo indicaram que as areias fornecidas em Manaus são, predominantemente, de origem aluvial e intempérica derivada da decomposição de arenito. Para os ensaios de laboratório, foram coletadas duas amostras: uma aluvial, em um estaleiro, e a intempérica, no ramal São Francisco. Na determinação das propriedades das areias foram realizados ensaios de granulometria, teor de material pulverulento, morfologia, mineralogia e impurezas orgânicas. A areia do estaleiro apresentou granulometria fina, grãos arredondados e bem selecionados com baixa concentração de material pulverulento, enquanto a do ramal, granulometria grossa, maior concentração de material pulverulento, grãos mais angulosos e com menor grau de seleção. As duas areias apresentaram predomínio de quartzo e excesso de matéria orgânica.

Palavras-chave: Areia, qualidade tecnológica, construção civil.

Abstract - Sand in the municipality of Manaus/AM is one of the most used items among civil construction aggregates due to urban growth and expansion. The growing demand for sand has caused concern due to the increase in the extraction areas and the lack of knowledge of its technological properties, that is, whether they are in accordance with the specifications defined by Brazilian standards. This research aimed to analyze the technological quality of the sands supplied in Manaus used in civil construction. To this end, field and laboratory activities were carried out based on Brazilian standards. Field research has indicated that the sands supplied in Manaus are predominantly of alluvial and weathering origin derived from the decomposition of sandstone. For laboratory tests, two samples were collected: an alluvial one, in a shipyard and a weathering one on the São Francisco branch. In determining the properties of the sands, tests were performed on particle size, powdery material content, morphology, mineralogy, and organic impurities. The sand at the shipyard presented fine granulometry, rounded and well-selected grains with a low concentration of powdery material and the coarse-grained branch, a higher concentration of powdery material, more angular grains and with a lower degree of selection. The two sands showed a predominance of quartz and an excess of organic matter.

Key word: sand, technological quality, construction

¹ Geol., Dr., Universidade Federal do Amazonas, (92) 3305-1480, hsantos@ufam.com.br

1. INTRODUÇÃO

O comércio de areia na cidade de Manaus vem crescendo, nas últimas décadas, para atender a demanda, especialmente, do setor da construção civil devido a expansão urbana o que exerce pressão em maior volume de extração e até de novas áreas.

Apesar do grande volume comercializado e da importância que representa nos seus vários usos no setor da construção civil, não se tem observado preocupação por parte da comunidade local, comerciantes e consumidores, sobre a origem geológica e a qualidade tecnológica da areia.

Sobre a origem, de acordo com Horbe *et al.* (2003), os depósitos de areias brancas ocorrem em várias regiões da Amazônia com gênese controversa e são muito utilizados como material de construção civil. Santos (1993) sugere que algumas dessas ocorrências podem estar relacionadas à atividade eólica, enquanto Lucas *et al.* (1984), Chauvel *et al.* (1987) e Lucas (1997), entre outros, relacionam esses depósitos à intensa lixiviação de Latossolos com geração de Espodosolos. Outra possibilidade de gênese é atribuída à erosão seletiva com retirada de material argiloso (ROOSE, 1980).

Pouco se sabe sobre a origem e as propriedades da areia comercializada em Manaus e se acredita que a maioria da utilização desse material não tem controle tecnológico, mas vem sendo frequentemente utilizado em obras e serviços de engenharia civil de forma indiscriminada e sem a devida avaliação de suas propriedades.

O crescimento do comércio de areia em Manaus e região metropolitana faz com que a preocupação não recaia somente sobre o volume comercializado ou sobre as áreas de extração, mas também sobre a qualidade dela pois uma melhor análise pode reduzir o número de ocorrências de patologias, custos e acidentes.

A qualidade das areias pode ser avaliada a partir das propriedades físicas como granulometria e morfometria. Essas propriedades ajudam a entender a evolução dos grãos desde sua desagregação, transporte até a deposição, fornecendo valiosas informações geológicas a respeito de um ambiente. Em termos de engenharia civil, Tristão (2005) constatou, em estudos realizados com argamassa no estado fresco, que quanto mais arredondado e esférico o grão e menos rugosa sua textura superficial, menor a quantidade de pasta de argamassa, resultando em um menor consumo de aglomerantes e de água.

Existem poucos estudos que abordam as características das areias do Amazonas como agregados para a construção civil e os que existem visam os impactos ambientais causados pela extração.

Este trabalho tem como foco principal o estudo das características físicas das areias comercializadas em Manaus utilizadas na construção civil.

2. LOCALIZAÇÃO E ORIGEM DAS AREIAS DA ÁREA ESTUDADA

A cidade de Manaus está localizada à margem esquerda do Rio Negro, na confluência com o Rio Solimões, no estado do Amazonas e abrange uma área de cerca de 11.401km² dividida em seis Zonas (Figura 1). O crescimento urbano vem se expandindo rapidamente nas Zonas Norte, Leste e Oeste com construções de conjuntos habitacionais e de áreas comerciais demandando maior consumo de areia.

Manaus, segundo Daemon (1975), está situada sobre a Formação Alter do Chão, caracterizada por arenitos, argilitos, conglomerados e brechas intraformacionais, tradicionalmente atribuídos a sistemas fluvial e lacustre/deltaico de idade Cretácea. De acordo com Cunha *et al.* (1994) ocorrem afloramentos da Formação Alter do Chão, constituída por arenitos arcoseanos, argilitos, pelitos, quartzo arenitos e brechas intraformacionais. O processo de laterização das rochas da Formação Alter do Chão deu origem aos perfis constituídos de horizontes arenosos no topo e horizontes saprolíticos de arenito na base.

Localização

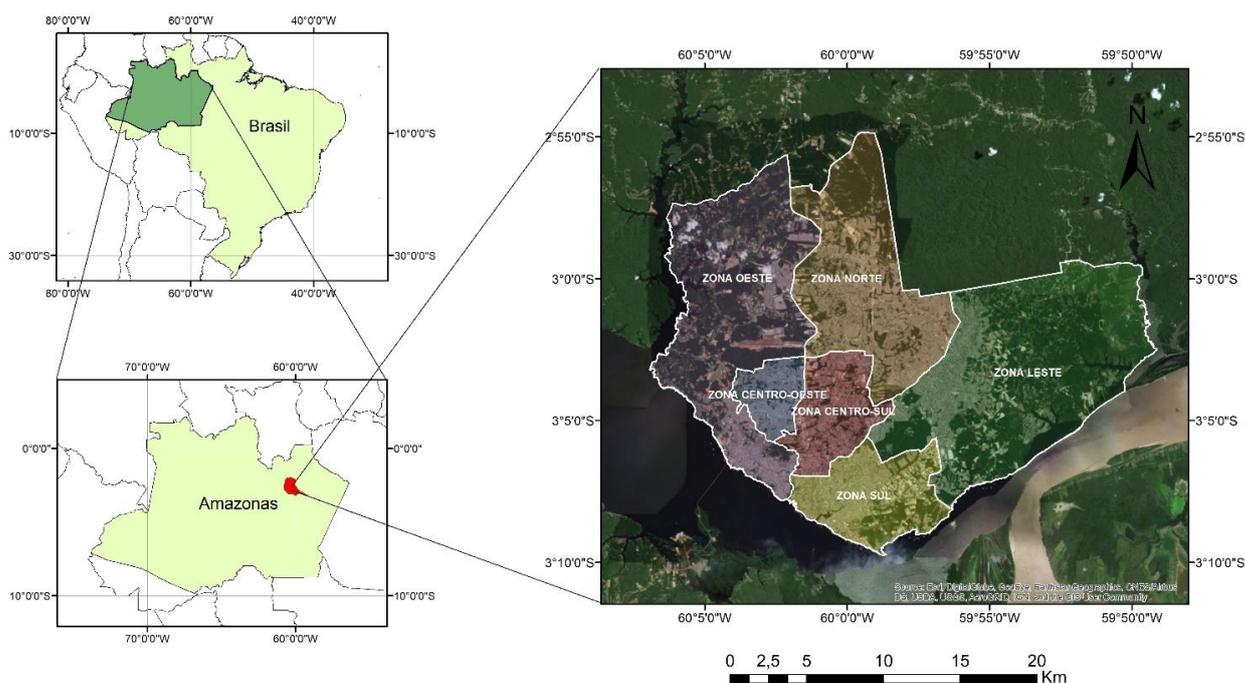


Figura 1 - Localização da Cidade de Manaus com as respectivas Zonas. Elaboração Cardoso (2019).

A evolução geológica da área proporcionou a formação dos Latossolos e dos Espodosolos. Os Latossolos vêm passando por um processo intenso de lixiviação pela percolação de água transformando, progressivamente, o Latossolo Vermelho em Amarelo, perdendo os colóides e dando lugar ao material arenoso. Em alguns locais, observam-se crostas lateríticas no topo em processo de desferrificação devido ao intenso processo de lixiviação e na parte inferior ocorrem camadas arenosas de cor branca. A coloração chama atenção pela variedade de cores vermelha passando para amarela com mosqueados em processo progressivo de lixiviação dando lugar a areia. E, o clima da região caracterizado como tropical quente e úmido, com temperaturas médias anuais de 26° C e precipitação média de 1800 mm/ano, muito úmido, proporciona o desenvolvimento de intenso intemperismo químico e lixiviação.

Os Espodosolos da Formação Alter do Chão podem ser uma importante fonte de areia para o mercado de construção civil sendo, possivelmente, uma das fontes das areias denominadas pelos comerciantes como “areias de barranco” vendidas nas lojas. Porém em campo pode-se notar que em alguns locais de extração de areias por escavação em terra firme não eram somente de Espodosolos, mas também de antigos terraços fluviais e da decomposição de arenitos.

Muitas areias vendidas em Manaus, designadas de “areias lavadas”, são provenientes da extração no meio de rios e nos terraços aluviais de Manaus e dos Municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, que fazem parte da Região Metropolitana, e transportadas de balsa para a cidade de Manaus. Assim, pode-se afirmar que a areia fornecida em Manaus é, na sua maioria, de origem aluvial, de Espodosolos, antigos terraços e da decomposição de arenito.

3. CARACTERÍSTICAS DAS AREIAS

Para o estudo, foram coletadas duas amostras de ambientes deposicionais distintos: amostragem em ambiente aluvial, proveniente do rio Negro, coletada em um estaleiro, e outra procedente de jazida de ambiente de decomposição de arenito, localizada no Ramal São Francisco, km 42 da rodovia AM-010. A coleta no estaleiro foi pelo alto volume de areia que este fornece para Manaus e a do ramal, pela alta incidência de processos minerários de extração de areia. A AM-010 é uma rodovia estadual que interliga os municípios de Manaus, Rio Preto da Eva e Itacoatiara no estado do Amazonas. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos

plásticos, fechados, identificadas de acordo com o local e transportadas ao laboratório para os ensaios seguindo as recomendações apresentadas nas normas NM 26 (ABNT, 2009) e NM 27 (ABNT, 2000).

As propriedades das areias foram determinadas a partir dos ensaios de granulometria, teor de materiais pulverulentos, morfometria, mineralogia e impurezas orgânicas por se acreditar que estes fatores são importantes para definir a qualidade das areias, principalmente, para uso na construção civil.

3.1. Composição granulométrica e teor de material pulverulento

A análise foi realizada de acordo com a norma NM 248 (ABNT, 2003). Todos os procedimentos da análise granulométrica, envolvendo a secagem e o quarteamento, foram realizados no Laboratório de Laminação do DEGEO/UFAM. A composição granulométrica das duas amostras pode ser conferida na Figura 2. Nota-se que a amostra do estaleiro tem maior conteúdo de areia média, enquanto a do ramal de areia grossa. A partir dos resultados das análises granulométricas foram realizados os cálculos da dimensão máxima característica - DMC e do módulo de finura-MF.

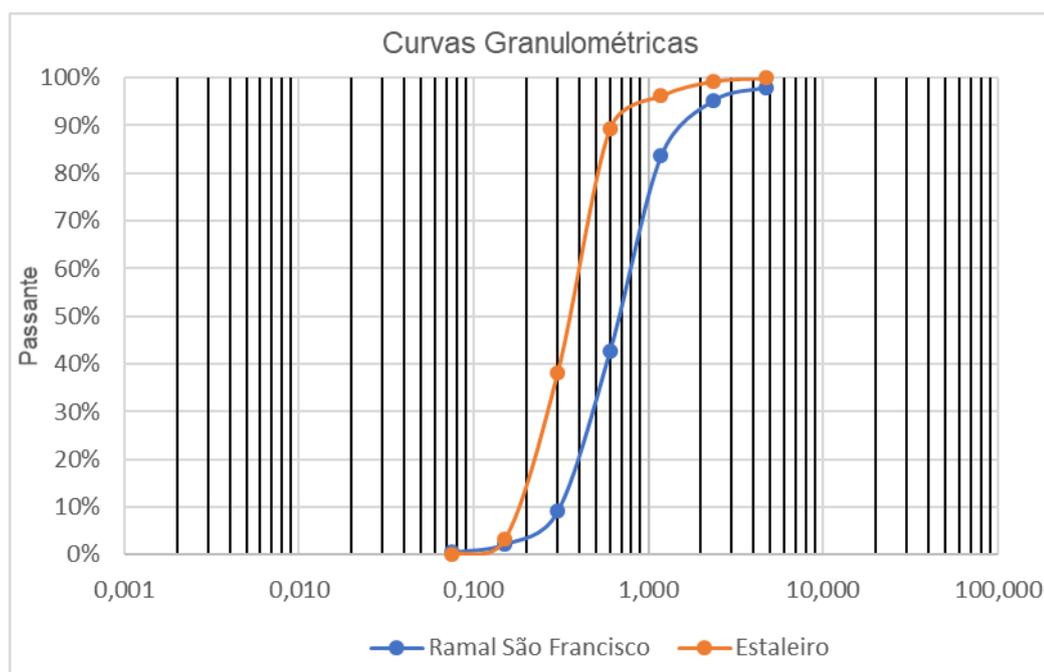


Figura 2. Gráfico com as curvas granulométricas das amostras

A dimensão máxima característica da areia do ramal ($DMC=2,4$) foi superior à do estaleiro sendo mais grosseira assim como o módulo de finura ($MF=3,68$) mostrando uma boa correlação entre esses fatores, conforme Tabela 1. A areia do estaleiro, de acordo com ($MF=2,73$), é classificada como fina e do ramal com ($MF=3,68$), como grossa, conforme classificação da areia quanto ao módulo de finura da NBR 7211 (ABNT,1983) que classifica a areia como muito fina quando o MF for de 1,35 a 2,25; fina de 1,71 a 2,78; média de 2,11 a 3,38 e grossa de 2,71 a 4,02.

O valor do módulo de finura decresce à medida que o agregado vai se tornando mais fino. Quanto menor o módulo de finura, mais fino é o material. Como a areia do estaleiro apresenta menor módulo de finura em relação ao ramal, é, portanto, areia mais fina. Com base nas curvas granulométricas das amostras, foram calculados os coeficientes de curvatura C_c e os coeficientes de uniformidade C_u ou coeficiente de não uniformidade C_{nu} das duas areias.

Caputo (2017) sugere critérios de avaliação dos coeficientes: consideram-se de granulometria muito uniforme os solos com $C_u < 5$, de uniformidade média se $5 < C_u < 15$ e desuniforme quando $C_u > 15$. Se $C_c < 1$ ou $C_c > 3$ mal graduado e $1 \leq C_c \leq 3$ bem graduado. Com base nos valores dos C_u e C_c das areias (Tabela 1), nota-se que em relação ao coeficiente de uniformidade (C_u), as duas amostras podem ser consideradas muito uniformes e em relação ao

coeficiente de curvatura (Cc), as duas areias podem ser consideradas como bem graduadas pois apresentaram valores de Cc igual a 1,11 para a areia do estaleiro e 1,04 para areia do ramal, respectivamente.

Tabela 1 – Características físicas das areias estudadas.

Amostra	DMC	MF	Cu ou Cnu	Cc	TMP
Estaleiro	1,2	2,73	2,1	1,11	0,89%
Ramal	2,4	3,68	2,67	1,04	3,4%

DMC- Dimensão máxima característica MF-Módulo de finura
 Cu- coeficiente de uniformidade ou Cnu- coeficiente não uniformidade
 Cc- coeficiente de curvatura TMP- teor de material pulverulento.

Em relação aos teores de material pulverulento-TMP, a areia do estaleiro apresentou menor conteúdo de material pulverulento comparando com a areia do ramal, conforme valores contidos na Tabela 1. A determinação do teor de material pulverulento foi feita de acordo com a NBR NM46 (ABNT, 2003) visando obter a quantidade de material fino pois o excesso na amostra pode indicar a degradação da areia e afetar a qualidade do concreto, por exemplo.

A maior quantidade de material pulverulento da areia do ramal em relação à do estaleiro já era esperada uma vez que está associada ao ambiente de origem. A pequena quantidade de material pulverulento do estaleiro sugere que o material já tenha sido naturalmente lavado o que é comum nas areias de proveniência aluvial. A areia do ramal, de origem da alteração *in situ* de arenito, apresentou 3,4% de material pulverulento estando acima dos 3% recomendados pela NBR 7211(ABNT 2005).

3.2. Morfologia

As análises morfométricas foram feitas com o auxílio de lupa com base na classificação de Compton (1962) que descreve o grau de arredondamento e esfericidade dos grãos. Para cada amostra foram analisados 50 grãos e na sua descrição do arredondamento e da esfericidade foi utilizada a escala proposta por Powers (1953) que é reconhecida internacionalmente por sua praticidade na avaliação e classificação das partículas ou grãos.

A amostra do ramal São Francisco apresentou coloração, em geral, cinza, em função da aparente concentração de feldspatos e presença de matéria orgânica e um pobre grau de seleção, possuindo uma variação nítida de granulometria desde areia fina até grânulo predominando a areia grossa. Os grãos são predominantemente angulosos, pouco esféricos e possuem aspecto fosco, com textura superficial muito irregular. Estas características estão associadas ao ambiente intempérico que produziu areia derivada da decomposição de arenito.

A amostra do estaleiro apresentou coloração marrom claro, bom grau de seleção, variação de areia fina a média e com mica. Os grãos são bem arredondados, moderadamente esféricos e possuem um brilho vítreo característico com textura superficial lisa. Estas características são reflexo do ambiente aluvionar.

A morfologia dos grãos das areias do ramal com baixa esfericidade e alta angulosidade sugerem uma fonte de material intempérico derivado da decomposição de arenito e devido a essas características indicam que não houve transporte de sedimentos.

Como pode-se observar na Figura 3A, a amostra de areia marrom do estaleiro apresenta forma subarredondada a arredondada com alta esfericidade nos grãos mais finos, enquanto os grãos maiores apresentam-se subangulosos e com menor esfericidade.

A areia cinzenta apresenta morfologia muito mais grosseira e tanto os grãos mais finos quanto os mais grossos apresentam-se de forma muito angulosa a angulosa. Em termos de esfericidade, os grãos mais finos apresentam alta esfericidade e os grãos mais grossos apresentam baixa esfericidade (Figura 3B). A morfometria dos grãos com baixa esfericidade e alta angulosidade sugerem uma fonte residual para as areias cinzentas (intempéricas) devido às características que indicam que não houve transporte de sedimentos.

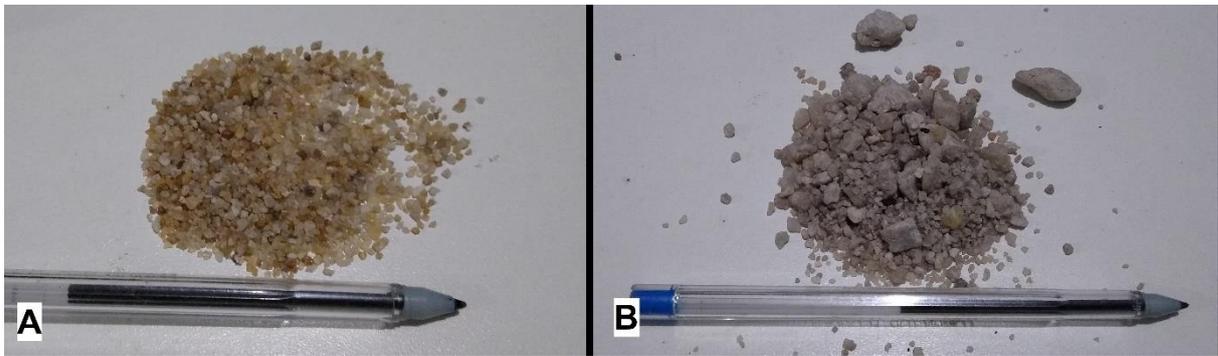


Figura 3A) Grãos de areia do estaleiro. Figura 3B) Grãos de areia do ramal. Fonte: Cardoso (2019).

3.3. Mineralogia e óxidos.

A análise mineralógica macroscópica consistiu na identificação dos minerais presentes nas amostras através do reconhecimento de características como hábito, clivagem, fratura e magnetismo. A identificação dos minerais foi realizada com auxílio de lupa e imã. As amostras são majoritariamente compostas por quartzo, k-feldspatos e mica do tipo muscovita. A areia do estaleiro apresentou também calcedônia na sua porção mais grossa e nas porções mais finas identificou-se a presença de minerais magnéticos, sendo o mineral mais provável a magnetita. O quartzo é facilmente identificado pelas fraturas conchoidais, além do brilho graxoso nas fraturas. Já os k-feldspatos compõem parte dos grãos mais angulosos, devido à sua clivagem. A muscovita encontra-se em pequenas lâminas pouco fraturadas. Na amostra do ramal identificou-se quase que exclusivamente quartzo leitoso, com poucas ocorrências de k-feldspato e alguns minerais opacos sem magnetismo. Nessa areia, o quartzo apresenta-se pouco fraturado, porém nas poucas fraturas é possível identificar fratura conchoidal e brilho graxoso. Os poucos grãos de k-feldspatos são em geral de tamanho acima de 2mm de diâmetro e bem fraturados.

A espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), que teve como finalidade determinar a concentração na forma de óxidos (Tabela 2), foi realizada com equipamento de fluorescência de raios-x por dispersão de ondas do modelo EPSILON 3XL da Panalytical, pertencente ao laboratório de Materiais da Amazônia e Compósitos (LAMAC) da Faculdade de Tecnologia da UFAM.

As duas areias apresentaram baixo teor de óxido de alumínio e, o maior valor encontrado no ramal pode estar associado aos processos de alterações químicas do intemperismo ocorrido nos arenitos. O alto conteúdo de sílica ressalta a composição majoritariamente quartzosa das duas areias. A presença de alumínio próximo a 1% pode estar associada à presença de muscovita ($KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$), que pode ser facilmente identificada ao manusear as amostras, principalmente a amostra do ramal, que possui maior quantidade de óxido de alumínio (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química das areias na forma de óxidos. (Valores em %).

Amostra	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	Na ₂ O
Estaleiro	0,80	96,67	0,06	0,1	0,29	0,043	0,095	0,1	0,10	0,54
Ramal	1,11	99,00	0,05	0,1	0,10	0,050	0,810	0,1	0,02	0,20

3.4 Impurezas orgânicas

As impurezas orgânicas das duas areias foram obtidas seguindo as recomendações da norma NBR NM 49:2001 que estabelece o método de determinação colorimétrica de impurezas orgânicas em agregado miúdo destinado ao preparo do concreto. As duas areias apresentaram coloração mais escura que a solução padrão recomendada na NBR NM49 confirmando a presença de impurezas orgânicas. Na análise táctil visual e, especialmente, no ensaio para a determinação do material pulverulento, as duas amostras apresentaram gravetos, restos de folhas e coloração escura (cinza e marrom) indicando conteúdo orgânico. As impurezas orgânicas da areia exercem ação nociva para o endurecimento das argamassas e concretos. O uso de agregados como areia com altos conteúdos de matéria orgânica pode ocasionar problemas sérios

como a redução de aderência com o substrato, expansividade, fissuras e dificuldade de hidratação do cimento afetando a resistência mecânica da argamassa.

4. CONCLUSÕES

O estudo das areias analisadas permitiu ter uma ideia da origem geológica e da qualidade deste material fornecido em Manaus. Em relação à origem geológica, pode-se observar que origens diferentes refletem em características diferentes. A areia de origem aluvial (estaleiro) apresentou granulometria fina, com grãos arredondados e esféricos enquanto a intempérica, derivada da decomposição do arenito (do ramal), apresentou granulometria grossa, grãos angulosos e teor de material pulverulento superior ao que recomenda a NBR 7211:2005. Assim como a granulometria, a morfologia dos grãos também é um fator importante que deve ser levado em consideração na produção de concretos convencionais ou em argamassas. A presença da mica nas duas areias, ainda que em pequenas quantidades, pode comprometer a sua qualidade como agregado, especialmente, para construção civil. As duas areias possuem quantidades de material orgânico superior ao que recomenda a norma NBR NM 49:2001.

Vale ressaltar que os estudos sobre a origem geológica e propriedades tecnológicas das areias são de extrema importância para a sociedade, principalmente em cidades em pleno crescimento, como Manaus, de forma a garantir a qualidade deste material muito utilizado na construção civil.

Recomenda-se que outros ensaios devem ser realizados para conhecer as propriedades das areias como a determinação dos minerais de argila e análise química para detectar cloretos, materiais carbonosos e sulfatos solúveis que são nocivos ao concreto e argamassas.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM) pelo fomento à pesquisa e o suporte financeiro para a realização da pesquisa e a Universidade Federal do Amazonas pelo incentivo a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 7211: Agregados para concreto-Especificações. Rio de Janeiro. 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR NM 27: Agregados-Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro. 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 49: Agregado miúdo- Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro. 2001b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 248: Agregados-Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 26: Agregados - Amostragem. São Paulo. 2009.
- CAPUTO, H. P.; CAPUTO, A.N.; RODRIGUES, J. M. Mecânica dos solos e suas aplicações.,7ed., V1, Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- CARDOSO, R.R.B. Análise dos sedimentos arenosos utilizados na construção civil em Manaus/AM. Trabalho Final de Graduação-TFG. Universidade Federal do Amazonas. DEGEO. Manaus/AM. 2019.
- CHAUVEL, A.; LUCAS, Y.&BOULET, R. On the genesis of the soil mantle of the region of. Manaus, Central Amazonia, Brazil. *Experientia*, 43: 234-240.1987.
- COMPTON, R.R. Manual of field Geology. John Wiley and Sons, New York, U.S.A., 214pp, 1962.

CUNHA, P.R.C., GONZAGA, F.G., COUTINHO, L.F.C., FEIJÓ, F.J. Bacia do Amazonas. Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 8, nº. 1, p. 47-55, 1994.

DAEMON R.F. Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, bacia do Amazonas. Rev. Bras. Geo. 5:58-84, 1975.

HORBE, A. M. C., Horbe, M. A. & S., K. Origem dos depósitos de areias brancas no nordeste do Amazonas. Revista Brasileira de Geociências.33 (1): 41-50, março de 2003.

LUCAS Y., Chauvel A., Boulet R., Ranzani G., Scatolini F. 1984. Transição latossolos-podzóis sobre a Formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, **8**:325-335.

LUCAS Y. 1997. Biogeoquímica em ambiente equatorial: exemplo dos sistemas Latossolos-Podzóis da Amazônia. *In: Cong. Intern. Geoq.,4, Anais*, pp: 9-12.

POWERS, M. C. A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of sedimentary research*, 23 (2): 117-119, 1953.

ROOSE, E. 1980. *Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale*. Thèse Doct. Univ. Orléans. 586p.

SANTOS, J.O.S. 1993. O pantanal setentrional e os campos de dunas da Amazônia Ocidental. *In: Intern. Symp. Quarternary of Amazônia*. Resumos. p.110.

TRISTÃO, F. A. Influência dos parâmetros texturais das areias nas propriedades das argamassas mistas de revestimento. Tese (Doutorado em engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 286p. 2005.