

QUALIDADE TECNOLÓGICA DA AREIA UTILIZADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL EM MANAUS/AM

TECHNOLOGICAL QUALITY OF THE SAND USED IN CIVIL CONSTRUCTION IN MANAUS/AM

CALIDAD TECNOLÓGICA DE LA ARENA UTILIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN CIVIL EN MANAUS/AM

 <https://doi.org/10.56238/arev7n10-059>

Data de submissão: 06/09/2025

Data de publicação: 06/10/2025

Helder Manuel da Costa Santos

Doutor em Geologia

Instituição: Prof. da Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: hsantos@ufam.edu.br

RESUMO

A demanda crescente por areia em Manaus constitui preocupação, não só, pelos impactos ambientais decorrentes da extração, mas também pelo desconhecimento de sua qualidade tecnológica, ou seja, se está dentro das especificações definidas por normas brasileiras. Esta pesquisa teve como objetivo analisar a qualidade tecnológica das areias comercializadas em Manaus. Para o estudo foram coletadas e analisadas quatorze amostras sendo onze adquiridas em comércios de onze bairros, duas em dois ramais identificadas como areia de barranco e uma de origem aluvial de um estaleiro. No laboratório, foram realizados os ensaios granulométricos, mineralógico, químico, fluorescência de raios X (FRX) e morfologia dos grãos. O estudo compreendeu também a origem geológica das areias uma vez que permite deduzir as propriedades essenciais como a morfometria, granulometria, química e mineralogia. A areia fornecida e comercializada em Manaus é, na sua maioria, de origem aluvial, designada de “areia lavada” e de terra firme (Espodossolo e da decomposição de arenitos) proveniente dos ramais São Francisco e Areal designadas de areia de cava ou “barranco”. Todas as areias analisadas apresentaram torrões de argila e material pulverulento de composição essencialmente quartzosa com mica em pequenas quantidades. A morfologia variou de acordo com a granulometria, uma vez que nas frações média a grossa a maioria dos grãos de quartzo é angulosa a subangulosa com baixa esfericidade, na fração fina de subarredondada a arredondada e com alta esfericidade. Apesar de algumas amostras apresentarem torrões de argilas, material pulverulento e impurezas orgânicas acima do permitido pela NBR 7211/2005, não compromete significativamente a sua qualidade para o uso na construção civil.

Palavras-chave: Areia. Geologia. Qualidade Tecnológica. Manaus.

ABSTRACT

The growing demand for sand in Manaus raises concern not only due to the environmental impacts resulting from extraction but also because of the lack of knowledge regarding its technological quality, that is, whether it meets the specifications defined by Brazilian standards. This research aimed to analyze the technological quality of the sands commercialized in Manaus. For the study, fourteen samples were collected and analyzed: eleven purchased from suppliers in eleven different neighborhoods, two from two rural roads identified as embankment sand, and one of alluvial origin

from a shipyard. In the laboratory, granulometric, mineralogical, and chemical tests were performed, as well as X-ray fluorescence (XRF) and grain morphology analyses. The study also considered the geological origin of the sands, as it allows for the deduction of essential properties such as morphometry, granulometry, chemistry, and mineralogy. The sand supplied and sold in Manaus is mostly of alluvial origin, referred to as “washed sand,” and from upland areas (Spodosol and sandstone decomposition) from the São Francisco and Areal rural roads, referred to as pit or “embankment” sand. All analyzed sands presented clay lumps and fine material with a composition essentially quartzose and small amounts of mica. Morphology varied according to granulometry, as in the medium to coarse fractions most quartz grains are angular to subangular with low sphericity, while in the fine fraction they are subrounded to rounded with high sphericity. Although some samples showed clay lumps, fine material, and organic impurities above the limits established by NBR 7211/2005, this does not significantly compromise their quality for use in civil construction.

Keywords: Sand. Geology. Technological Quality. Manaus.

RESUMEN

La creciente demanda de arena en Manaus genera preocupación, no solo por los impactos ambientales derivados de la extracción, sino también por el desconocimiento de su calidad tecnológica, es decir, si cumple con las especificaciones definidas por las normas brasileñas. Esta investigación tuvo como objetivo analizar la calidad tecnológica de las arenas comercializadas en Manaus. Para el estudio se recolectaron y analizaron catorce muestras: once adquiridas en comercios de once barrios, dos en dos caminos rurales identificadas como arena de barranco y una de origen aluvial proveniente de un astillero. En el laboratorio se realizaron los ensayos granulométricos, mineralógicos y químicos, además de fluorescencia de rayos X (FRX) y análisis de la morfología de los granos. El estudio también comprendió el análisis del origen geológico de las arenas, ya que permite deducir propiedades esenciales como la morfometría, granulometría, química y mineralogía. La arena suministrada y comercializada en Manaus es, en su mayoría, de origen aluvial, denominada “arena lavada”, y de tierra firme (Espodosol y descomposición de areniscas) proveniente de los caminos rurales São Francisco y Areal, designadas como arena de cantera o “barranco”. Todas las arenas analizadas presentaron terrones de arcilla y material pulverulento de composición esencialmente cuarzosa con mica en pequeñas cantidades. La morfología varió según la granulometría, ya que en las fracciones media a gruesa la mayoría de los granos de cuarzo son angulosos a subangulosos con baja esfericidad, mientras que en la fracción fina son subredondeados a redondeados con alta esfericidad. Aunque algunas muestras presentaron terrones de arcilla, material pulverulento e impurezas orgánicas por encima de lo permitido por la norma NBR 7211/2005, esto no compromete significativamente su calidad para el uso en la construcción civil.

Palabras clave: Arena. Geología. Calidad Tecnológica. Manaus.

1 INTRODUÇÃO

As areias e os cascalhos constituem os principais materiais de construção e estão entre os mais importantes recursos minerais consumidos pela sociedade moderna.

De acordo com Saint-Exupéry (2014), a areia desponta em segundo lugar como o insumo mais consumido depois da água. As primeiras habitações na era da pedra polida se erguiam com areia. As areias se tornaram elementos básicos da argamassa usada na arquitetura das cidades egípcias, gregas e romanas. Ainda segundo esse autor, o cimento Portland, inventado em 1824 pelo químico britânico Joseph Aspdin, possibilitou que o concreto passasse a ser consumido em grande escala pela construção civil tendo na areia e brita como componentes indispensáveis.

As areias são sedimentos clásticos gerados por processos de fragmentação de rocha, constituídos basicamente por partículas de quartzo, podendo conter minerais secundários e os processos de desagregação e transporte podem ocorrer em meio aquoso ou eólico. A areia pode se apresentar na forma de sedimento inconsolidado e encontrada nos leitos de rios atuais e nas planícies e terraços aluviais (transporte em meio aquoso) e em dunas litorâneas (transporte eólico). A areia encontrada em leitos de rios e em dunas pode ser ainda o produto resultante do retrabalhamento das formações areníticas ou mesmo do processo erosivo de rochas ígneas ou metamórficas que possuam quartzo em sua composição original. A areia é extraída de leito de rios, várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, pegmatitos e arenitos decompostos.

Para Yazigi (2013), a areia pode ser obtida de fontes naturais, de forma industrializada ou através de reciclagem. Souza *et al* (2017), estimam que 90% dos agregados usados no Brasil para a produção de concreto são materiais naturais e são obtidos com facilidade em todas as regiões do país. Acreditam que isso provoca um excesso na oferta o que tende a baratear o preço do produto, viabilizando o uso do agregado natural.

Entretanto, o excesso de oferta de areia no mercado tende não ser acompanhado, na maioria das vezes, pelo controle de qualidade desse agregado. Possivelmente as grandes construtoras ou empresas de renome que demandam a areia, como matéria prima, realizam controle tecnológico dela. Mas a maioria das obras de engenharia, especialmente, as de médio e pequeno porte vem utilizando a areia de forma indiscriminada sem a devida avaliação de suas propriedades. A preocupação é maior em virtude de uma parte significativa da atividade tanto na fase de extração na lavra quanto à comercialização nas lojas de materiais de construção ainda serem clandestinas, ou seja, sem controle ambiental e tecnológico que apresente as qualidades da areia.

Na cidade de Manaus, ao longo dos anos, o comércio de areia vem crescendo muito rapidamente para atender a demanda, especialmente, do setor da construção civil exercendo,

consequentemente, pressão relevante sobre as áreas de extração de areia implicando em maior volume de extração e até de novas áreas sem a devida avaliação de suas propriedades tecnológicas.

A análise das propriedades tecnológicas das areias pode reduzir o número de ocorrências de patologias e acidentes causadas pela presença de substâncias deletérias como impurezas orgânicas, sais solúveis dentre outras. A análise da gênese, ou seja, a origem geológica das areias também é importante, uma vez que permite deduzir as características físico e químicas e consequentemente a qualidade tecnológica das areias comercializadas em Manaus.

2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade das areias comercializadas em Manaus utilizadas na construção civil identificando a gênese e a qualidade tecnológica de acordo com as especificações previstas pelas normas brasileiras vigentes.

Contou com os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as áreas de extração de areia;
- Identificar o modo de ocorrência geológica das areias;
- Realizar ensaios/análises físicoquímica e mineralógica em laboratório das areias e
- Verificar se as areias comercializadas em Manaus estão dentro das especificações previstas pelas normas brasileiras vigentes.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos adotou-se a seguinte estratégia de trabalho: consulta bibliográfica, procedimento de campo e análises de laboratório.

Consulta bibliográfica

A consulta ou revisão bibliográfica foi realizada em livros, revistas, normas da ABNT, artigos e monografias (dissertações e teses) nos sites do scielo e google acadêmico sobre o tema para o embasamento teórico.

Atividade de campo

Esta atividade consistiu na coleta de amostras nos principais comércios de materiais de construção e estaleiros que vendem areia em Manaus para os ensaios de laboratório e subsidiar no conhecimento da origem geológica. Para se ter uma melhor representatividade, as amostras de areia foram adquiridas nas principais lojas que comercializam areia em vários bairros de todas zonas da

cidade de Manaus. E ao se adquirir as amostras se perguntava ao vendedor a origem das areias que comercializavam.

Nos ramais São Francisco que fica localizado no km 42 da rodovia AM 010 Manaus-Itacoatiara e Areal no Km 10 da BR 174 foram coletadas amostras de origem do intemperismo do arenito e de natureza aluvial foi selecionado um estaleiro, localizado próximo ao rio Negro, que é abastecido de areia proveniente deste rio. O estaleiro vende areia para as lojas de materiais de construção em Manaus. Nessas áreas e no estaleiro, foram coletadas amostras na base, no meio e topo das pilhas para se obter melhor representatividade da areia e realizadas análise táctil visual das areias. Todas as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e identificadas de acordo com o depósito e sua origem. O processo de amostragem, desde a extração da areia até o seu armazenamento e o transporte das amostras representativas, destinadas aos ensaios de laboratório, foi realizado de acordo com as recomendações apresentadas nas normas NM 26 (ABNT, 2009) e NM 27 (ABNT, 2000).

Atividade experimental ou laboratorial

Em laboratório, as amostras de cada local ou loja foram misturadas e quarteadas adequadamente. Com exceção da umidade, para a realização dos ensaios ou análises, inicialmente, as amostras foram secas ao ar e depois quarteadas.

Para determinar as propriedades importantes da areia, foram realizados os seguintes ensaios: granulometria, umidade, densidade real dos grãos, morfologia, argila em torrões, teor de materiais pulverulentos, impurezas orgânicas e inchamento. Todos foram realizados seguindo as normas técnicas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Foram determinados também o pH, análises mineralógicas e fluorescência de raios X (FRX).

A análise granulométrica por peneiramento foi realizada com o objetivo de caracterizar o tamanho dos grãos e indicar a distribuição granulométrica seguindo a NBR NM 248/2003. Para o ensaio foram usados como materiais (aparelhagem): balança, estufa, peneiras da série normal (abertura 4,75 mm a 150 mm), bandejas, escova e fundo da peneira. As amostras foram secas na estufa a 105° C, retirou-se para esfriar e determinou-se as massas das amostras. As amostras de areia pesadas foram colocadas cada uma no conjunto de peneiras encaixadas com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo. O conjunto foi colocado em um agitador por um período de acordo com a norma. Retirou-se as amostras de cada peneira e feito o cálculo. A partir dos resultados das análises granulométricas foram realizados os cálculos da dimensão máxima característica - DMC e do módulo de finura-MF. Com base nas curvas granulométricas das amostras, foram calculados os coeficientes

de curvatura (Cc) e os coeficientes de uniformidade Cu ou coeficiente de não uniformidade Cnu das areias.

O teor de umidade natural das areias foi determinado pelo método de pesagem em estufa de acordo com NBR 6457/2016. É um método tradicional, simples e com maior precisão nos resultados em relação aos métodos da Frigideira, “Speedy” e do Frasco de Chapman. No procedimento do ensaio tomou-se cerca de 30g de areia e colocou-se em capsulas metálicas, efetuando imediatamente a pesagem do conjunto areia úmida e capsula, anotou-se a massa e levou-se à estufa à temperatura de 105° C até a constância da massa. Retirou-se deixando-se esfriar até a temperatura ambiente, anotando-se a massa do conjunto. Foram efetuadas três determinações do teor de umidade por amostra e o resultado foi a média. O cálculo do teor de umidade foi efetuado dividindo-se a massa da água contida na amostra da areia pela massa seca das partículas sólidas, sendo expresso em porcentagem.

A densidade real dos grãos é a relação entre o peso específico das partículas sólidas e o peso específico de igual volume de água pura a 4° C. É também chamada de densidade relativa das partículas que constituem o solo. A densidade real das areias foi determinada pelo método do aquecimento do picnômetro de acordo com a DNER-ME 093/64 e NBR 6457/2016. Para o procedimento, foi pesado 10g de amostra de areia. Pesou-se o picnômetro vazio e seco e anotando-se a massa (P1). Colocou-se os 10 g de areia no picnômetro, anotando-se o peso (P2), em seguida colocou-se água destilada até cobrir com excesso a amostra de areia e levou-se a uma chapa para aquecer deixando-se ferver por cerca de 15 minutos para expulsar o ar. Retirou-se da chapa deixando o picnômetro esfriar até a temperatura ambiente. Completou-se o volume do picnômetro com água destilada colocando em banho de água a temperatura ambiente anotando a temperatura do banho. Retirou-se o picnômetro, enxugando-se e pesou-se (P3). Retirou-se todo o material de dentro do picnômetro, lavou-se e encheu-se o picnômetro com água destilada. Arrolhou-se e pesou-se o picnômetro e a água (P4). A determinação da densidade real das areias é importante porque expressa a mineralogia. Normalmente as areias são constituídas predominantemente por quartzo, feldspato e silicatos de alumínio e ferro como as micas. O conhecimento da densidade pode indicar a presença destes minerais nas areias e influenciar na qualidade do concreto e cimentos e até na retenção de umidade.

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

Para determinar o teor de torrões e materiais friáveis na areia, foram feitos ensaios de acordo com a NBR 7218 (ABNT, 2010). O ensaio foi realizado com o uso de balança, estufa, conjunto de peneiras (1,18 e 4,75 mm) e bandejas. Foi selecionada a amostra, colocou-se na estufa para secar e pesou-se 200g e determinou-se a composição granulométrica no conjunto de peneiras. Colocou-se o material na bandeja, foi espalhado e os torrões de argila ou materiais friáveis foram pressionados com as mãos de forma a desfazê-los. Em seguida, transferiu-se para o conjunto de peneiras e procedeu-se a separação granulométrica e depois foram realizados os cálculos.

A determinação do teor de materiais pulverulentos pela NBR 7219/1987 foi realizada para determinar a quantidade de material fino pois o excesso na amostra pode indicar a degradação da areia e afetar a qualidade do concreto, por exemplo. Para o ensaio utilizou-se como aparelhagem balança, estufa, duas peneiras de 1,2mm e 0,075mm e dois recipientes. Duas amostras foram pesadas e colocadas em estufa a 105º C até a constância da massa. Retiradas da estufa e determinada a massa em seguida colocadas cada uma em recipientes, lavadas até que a água da lavagem ficasse límpida. Foi retirada a água e colocadas em estufa para secar. Retiradas e determinada as massas. O teor de material pulverulento foi obtido pela diferença da massa das amostras antes da lavagem e depois da lavagem.

O teor de impurezas orgânicas foi realizado de acordo com a NBR NM 49/2001 e sua determinação é importante pois a matéria orgânica é a impureza mais frequente nas areias que pode comprometer o endurecimento e a resistência mecânica das argamassas e concretos. Para o ensaio foram utilizados uma balança, bêqueres, provetas, pipeta, funil de haste longa, frascos erlenmeyer com rolha esmerilhada e os reagentes hidróxido de sódio com 90% de pureza, ácido tânico p.a e álcool 95%. Foram preparadas as soluções de hidróxido de sódio a 3%, a solução padrão de ácido tânico a 2% e a solução padrão. O procedimento do ensaio foi realizado colocando 200g de areia de cada amostra em um frasco erlenmeyer com 100 ml da solução de hidróxido de sódio, agitou-se e deixou-se em repouso por 24 horas. Após esse tempo, comparou-se a cor com a da solução padrão. Quando se apresentava mais escura, indicava que reagiu e tinha impurezas orgânicas.

O ensaio para determinação do inchamento de agregados miúdo foi feito de acordo com a norma NBR 6467/2013 que consiste em adicionar água a uma amostra e depois verificar o seu volume. Os materiais utilizados foram uma balança, recipiente, concha, régua, estufa, proveta, cápsulas e elaborado um corpo de prova de pvc. A execução do ensaio foi feita colocando-se areia seca no corpo de prova com volume definido e com massa determinada e foram adicionadas quantidades de água sucessivas de modo a se obter os valores de umidade 0,5%, 1%, 2%, 4%, 5%, 7%, 9% e 12%. Após cada adição de água, a areia era homogeneizada em um recipiente e recolocada no corpo de prova e

determinada a massa. O propósito é determinar o coeficiente médio de inchamento (CMI) e a umidade crítica (UC). O inchamento de agregado miúdo, segundo NBR 6467/2013, é o fenômeno relativo à variação do volume aparente, causado pela absorção de água livre pelos grãos do agregado, que altera a massa unitária. O coeficiente de inchamento médio é definido como o valor médio entre o coeficiente de inchamento máximo e aquele correspondente à umidade crítica determinado pela média aritmética entre os coeficientes de inchamento máximo e aquele correspondente à umidade crítica. A umidade crítica é o teor de umidade, expresso em porcentagem acima do qual o coeficiente de inchamento pode ser considerado constante e igual ao coeficiente de inchamento médio.

O inchamento é o fenômeno de variação do volume da areia causado pela adição de água. A diferença de volume aparente da areia ocorre devido a tensão superficial da água afastar as partículas da areia umas das outras. O ensaio fornece o grau de inchamento da areia através do coeficiente médio de inchamento e da umidade crítica determinando a variação do volume da areia e a quantidade de umidade que causa essa variação de volume para a dosagem do concreto e da argamassa.

Também foi realizada análise do pH das areias por meio do método da EMBRAPA de 1997. Para a determinação do pH uma quantidade de 10cm³ de areia seca ao ar foi misturada com 25 ml de água destilada na concentração de 0,01M. Essa solução foi agitada com bastão de vidro e deixada em repouso por 60 minutos. Depois a solução foi agitada novamente por 15 minutos. Após a agitação, foi deixada em repouso até que o sobrenadante ficasse límpido onde foi mergulhado um eletrodo na suspensão homogeneizada e efetuada a leitura do pH (EMBRAPA, 1997).

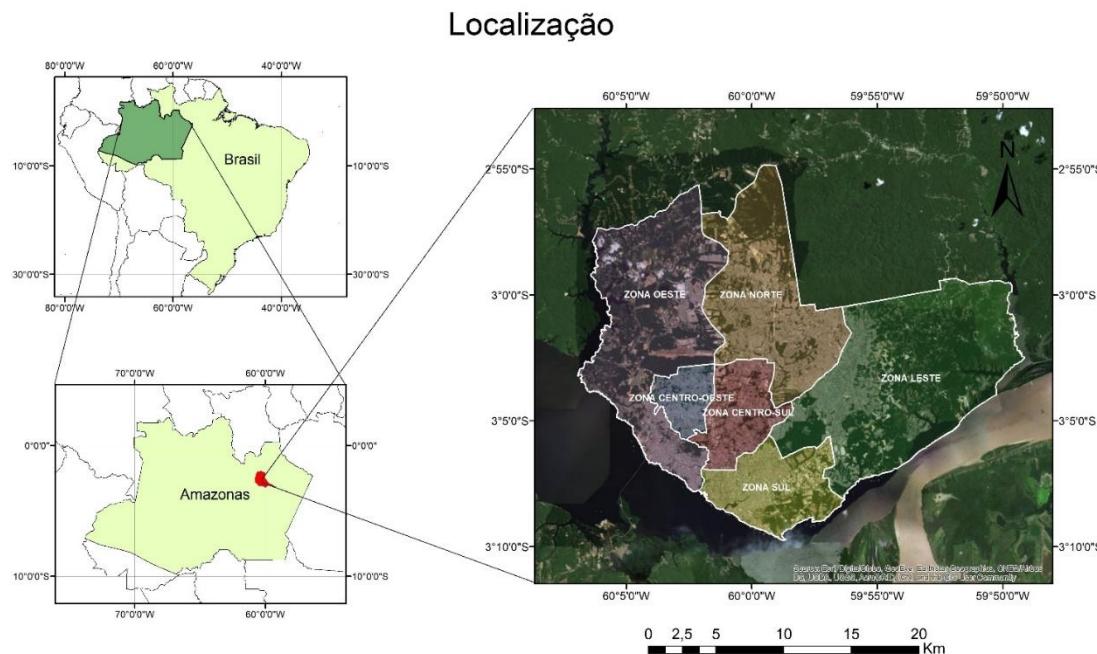
A análise mineralógica foi efetuada visando a identificação dos principais minerais constituintes e eventuais deletérios. A espectroscopia de fluorescência de raios-X (FRX), para determinar a concentração de óxidos presentes nas areias, foi feita no laboratório do Grupo Crowfoot de métodos de raios- X da FT/UFAM.

4 RESULTADOS

4.1 LOCALIZAÇÃO

A cidade de Manaus está localizada na 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). Foram pesquisadas as areias comercializadas em comércios de todas as zonas da cidade. O crescimento urbano vem se expandindo aceleradamente nas Zonas Norte, Leste e Oeste com construções de conjuntos habitacionais e de áreas comerciais demandando maior consumo de areia.

Figura 1 - Localização da Cidade de Manaus com as respetivas Zonas.



Fonte: Cardoso (2019).

4.2 COMERCIALIZAÇÃO E EXTRAÇÃO DE AREIA

Na cidade de Manaus existem inúmeras lojas de materiais de construção e a grande maioria comercializa areia para construção civil. A areia é comercializada em sacos variando de 25 a 40 kg e em carrada. Para melhor ter uma representatividade da amostragem utilizou-se como estratégica adquirir (comprar) amostras de areias em sacos nos diversos bairros das seis Zonas da Cidade de Manaus (norte, sul, leste, oeste, centro este e centro sul). Nas zonas com maior representação de bairros e expansão urbana optou-se por adquirir em mais de uma loja e bairro. Foram também coletadas amostras nos depósitos aflorantes nos ramais de São Francisco e do Areal e em uma pilha de um Estaleiro (Quadro 1).

Quadro 1: Locais de aquisição e origem das amostras de areias

Localização/Zona	Bairro/loja	Origem das areias
Norte	Cidade Nova/Gurgel	Barranco*
	Manoa/SM	Lavada*
Sul	Betânia	Lavada*
	Morro	Lavada*
Oeste	Tarumã-Campos Sales /Tigrão	Lavada*
	Compensa/JLN	Lavada*
Leste	Coroadinho	Lavada*
	São José I	Lavada*
Centro oeste	Planalto	Lavada*
	Alvorada	Lavada*
Centro sul	Parque Dez	Lavada*

Km 42 da Am10	Ramal São Francisco	Residual (decomposição de arenito), cava ou barranco
Km 10 da BR 174	Ramal do Areal	Residual (decomposição de arenito), cava ou barranco
Estaleiro	Santo Agostinho/Estaleiro	Fluvial

*Designação da origem fornecida pelos comerciantes. Algumas lojas permitiram a divulgação de seus nomes.
Fonte: os autores.

Na área do ramal São Francisco no Km 42 da AM10, existe uma pequena comunidade cuja principal atividade desenvolvida é a extração de areia que é feita por lotes de proprietários que vendem a areia para os municípios próximos, principalmente para Manaus. O mesmo ocorre com a área correspondente ao ramal do Areal situado na BR 174, em Manaus, que possui uma comunidade onde uma pequena parcela se dedica a agricultura (assim como no ramal São Francisco), mas a atividade que vem se tornando principal é a extração de areia.

4.3 ORIGEM GEOLÓGICA DAS AREIAS

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, constituídos por arenitos arcoseanos, argilitos, pelitos, quartzo arenitos e brechas intraformacionais. O processo de laterização das rochas da Formação Alter do Chão deu origem a perfis constituídos de horizontes arenosos no topo e horizontes saprolíticos de arenito na base.

A evolução geológica da área proporcionou a formação dos Latossolos e dos Espodossolos. Os Latossolos vêm passando por um processo intenso de lixiviação pela percolação de água transformando progressivamente o Latossolo Vermelho em Amarelo perdendo os coloides 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. O intenso intemperismo químico é produto do clima da região caracterizado como tropical quente e úmido, com temperaturas médias anuais de 26º C e precipitação média de 1800 mm/ano, muito úmido, e agressivo.

Muitas das lojas de materiais de construção, especialmente as de pequeno porte, comercializam areia provenientes de extrações ilegais e por esse motivo nota-se um certo receio dos comerciantes de informar a fonte de seu produto. A informação sobre a origem da areia, fornecida pelos vendedores das lojas de materiais construção, é com base em uma classificação popular qualitativa designada de

“areia lavada” e “areia de barranco” (Quadro1). Segundo os próprios vendedores, a “areia lavada” é aquela retirada do leito do rio e a “areia de barranco” é aquela retirada por meio de escavações de areais em terra firme. O que se percebeu é de que não se tem, por parte dos proprietários e dos vendedores, o hábito e o interesse de saber a origem da areia comercializada e nem tão pouco da população que compra. Ao se perguntar a origem da areia, por telefone ou pessoalmente, era evidente o espanto e incomodo que os vendedores das lojas sentiam em responder porque não tem o hábito de saber a origem e a qualidade da areia que estão adquirindo e vendendo.

Grande parte dos depósitos de areia explorados nas proximidades de Manaus é ilegal, portanto, não possuem uma avaliação técnica sobre o que está sendo retirado. Por esse motivo vendedores de areia podem acabar chamando de “areia de barranco” um depósito de terraço fluvial, visto que um leigo em geologia muitas vezes não é capaz de diferenciar um Espodossolo de um terraço fluvial quando não se tem um rio por perto.

Os depósitos de areia branca extraídos na Região Metropolitana de Manaus correspondem principalmente a depósitos residuais de areia formados pelo processo de podzolização sobre arenitos/argilitos da Formação Alter do Chão. Quando submetidos a intensa lixiviação, formam Espodossolos cujo horizonte A constituído de areia branca ou cinzenta com significativa quantidade de matéria orgânica, se estende até cerca de alguns metros de profundidade. Esses depósitos ocorrem em ramais e ao longo da rodovia da BR-174. Nos ramais, como do São Francisco e do Areal a areia é derivada da decomposição de arenitos e os depósitos de areia atingem de 2 a 5m de espessura. A formação geológica da região é responsável pela formação dos Espodossolos e Latossolos que por sua vez dão origem também aos depósitos arenosos. Os depósitos de areias brancas ocorrem estruturados em horizontes A, B e C, que, no topo, se tornam mais friáveis, arenosos, esbranquiçados e ricos em quartzo tornando-se endurecidos na base correspondendo ao arenito de cor esbranquiçada a creme por vezes marrom. O perfil dos depósitos de areia do ramal do Areal e da BR 174 apresenta o topo, horizonte A, rico em cobertura vegetal e a transição entre o horizonte A e B é abrupto com manchas escuras onde o horizonte B apresenta raízes e folhas proveniente do A, é espesso podendo atingir mais de 5m de espessura e na base ocorre material endurecido, o arenito em estágio avançado de alteração.

Nas áreas que ocorreram a extração de areia esse material endurecido, saprolito de arenito, serve como limite da retirada da areia. O lençol freático é pouco profundo e foi encontrado a 1,20m de profundidade em um ponto no ramal do Areal. A resistência do material endurecido a escavação e a coloração mais escura constituem o limite da extração da areia e representam empecilho para o aproveitamento dessa areia para ser comercializada. Esses depósitos são típicos de Espodossolos que seguem, em geral, a sequência A-E-Bh-C sendo o horizonte Bh, B espódico, designado de horizonte

diagnóstico. O material mais endurecido corresponde ao horizonte duripã ou örtstein” que causa o impedimento a escavação, a infiltração de água e penetração das raízes.

Os Espodossolos da Formação Alter do Chão constituem, por isso, uma importante fonte de areia para o mercado de construção civil, sendo possivelmente a fonte das designadas “areias de barranco” vendidas nas lojas. Mas, foi observado em campo que em alguns locais a extração de areias por escavação em terra firme ocorria em terraços fluviais e não somente de Espodossolos. Assim, as fontes das areias comercializadas em Manaus podem ser de depósitos de terra firme (Espodossolos ou decomposição de arenito), de terraço fluvial, de depósitos de rio como barras de meandros, barras de canais, diques marginais e depósitos de preenchimento de canal alguns derivados do município de Iranduba. Outras ocorrências, segundo Riker *et al.*, (2017), estão relacionadas aos depósitos fluviais de barras de areia, depósitos aluvionares e depósitos de terraço aluvionar.

As areias comercializadas no estaleiro são provenientes do município de Iranduba e de Nova Airão de origem fluvial (aluvionar) e são designadas de “areia lavada”. De acordo com Oliveira (2020) a extração de areia na Região Metropolitana de Manaus- RMM, ocorre principalmente próximo ou em leitos de rios (popularmente designado de areais) e igarapés, nos arredores e no interior de Unidades de Conservação (UC), consequentemente áreas de preservação permanente (APP), podendo representar um grande risco ambiental. Ainda segundo Oliveira (2020) o ramal São Francisco é um dos locais com alta incidência de processos minerários. Em 2019 foram identificados 16 pontos de possíveis locais de extração de areia entre os areais licenciados, clandestinos, inativos e ativos.

Com base nos dados disponibilizados pelo IPAAM, que é o responsável pela emissão de licenças ambientais no Amazonas, o órgão emitiu 1.214 licenças de operação nas diversas modalidades em 2018, com 37 relacionadas à extração de areia a céu aberto e em leito de rio.

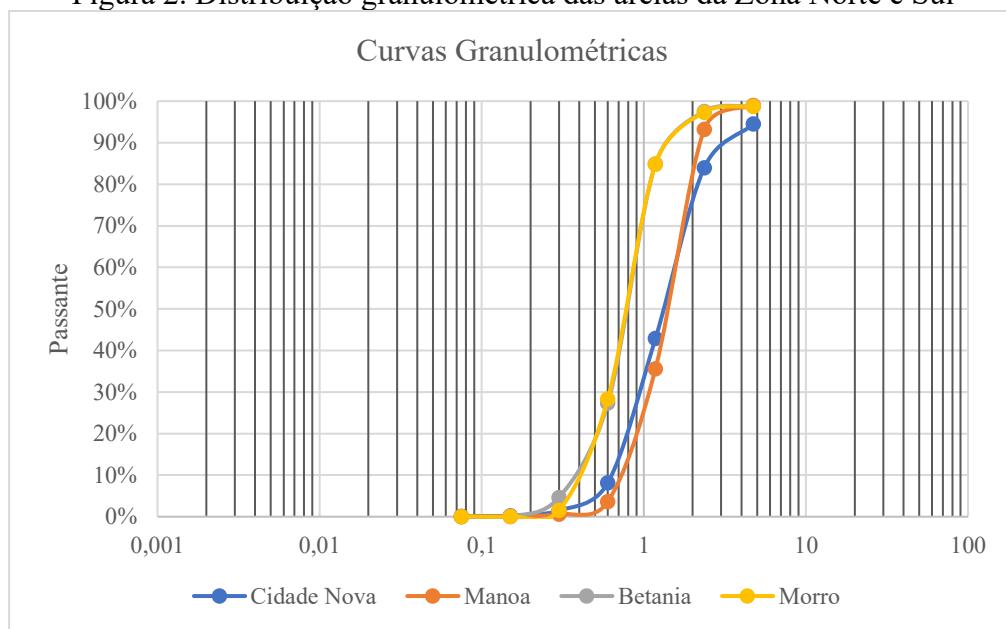
Muitas areias vendidas em Manaus, designadas de “areias lavadas”, são provenientes da extração no meio de rios e nos terraços aluviais de Manaus e dos Municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, que fazem parte da Região Metropolitana, e transportadas de balsa para a cidade de Manaus. Assim, pode-se afirmar que a areia fornecida em Manaus é, na sua maioria, de origem aluvial, antigos terraços aluvionares, designadas de “areia lavada” e de terra firme (Espodossolos e da decomposição de arenito) como dos ramais de São Francisco e do Areal, designadas de cavas ou barranco.

4.4 CARACTERÍSTICAS DAS AREIAS

Granulometria

As distribuições granulométricas das areias analisadas podem ser conferidas nas Figuras 2 a 5. Nota-se na figura 2 que as areias comercializadas na zona sul têm maior proporção de material fino e médio enquanto as da zona norte com maior de areia grossa. As areias do Morro e da Betânia apresentam praticamente a mesma granulometria o que leva a deduzir que tem o mesmo fornecedor até pela localização muito próxima entre os dois bairros e dos comércios. A areia do Manoa tem maior conteúdo de areia fina e média em relação a da Cidade Nova que apresenta maior conteúdo de areia grossa. A razão na diferença textural está na origem das areias pois a areia da Cidade Nova o fornecedor obteve de um barranco que é naturalmente mais grosseira e pouco selecionada.

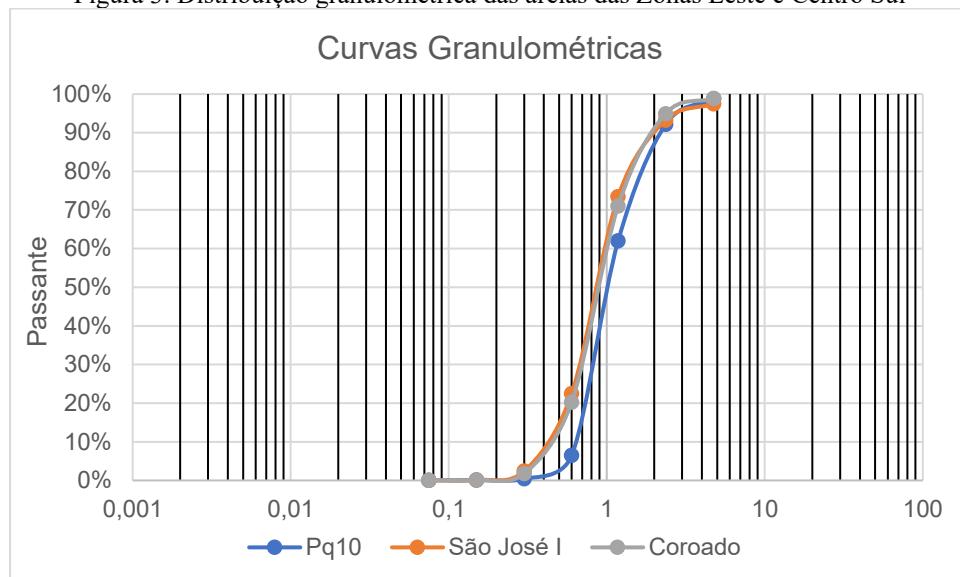
Figura 2. Distribuição granulométrica das areias da Zona Norte e Sul



Fonte: os autores

As curvas granulométricas (Figura 3) das areias do São Jose I e do Coroado são muito similares indicando grande probabilidade de terem um mesmo fornecedor. A areia do Parque Dez tem um pouco mais de conteúdo de fração mais grosseira.

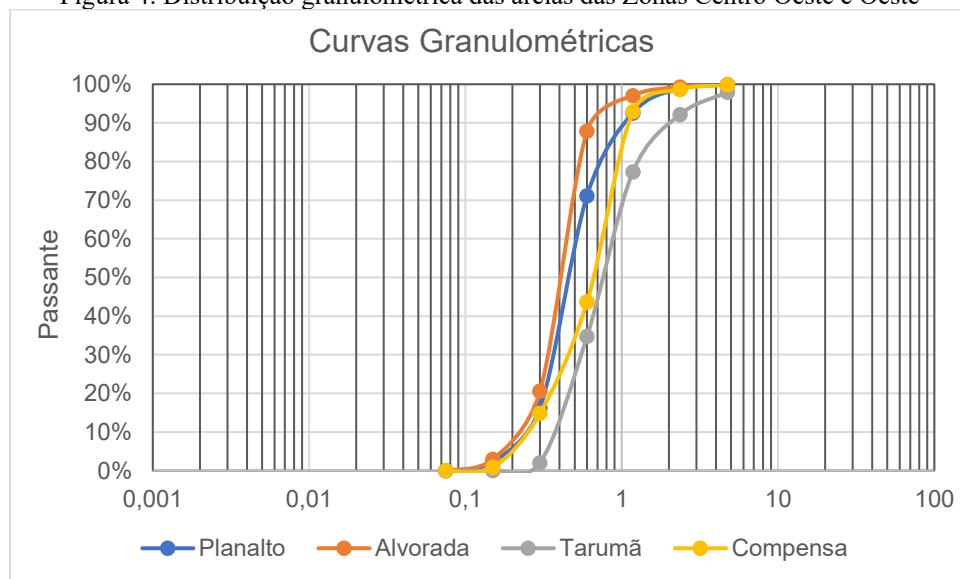
Figura 3. Distribuição granulométrica das areias das Zonas Leste e Centro Sul



Fonte: os autores.

As areias adquiridas no bairro Planalto e no bairro Alvorada apresentam curvas granulométricas muito similares indicando uma grande possibilidade de terem o mesmo fornecedor. As areias dos bairros Tarumã e Compensa mostram maior conteúdo de material mais grosseira que as duas anteriores (Figura 4).

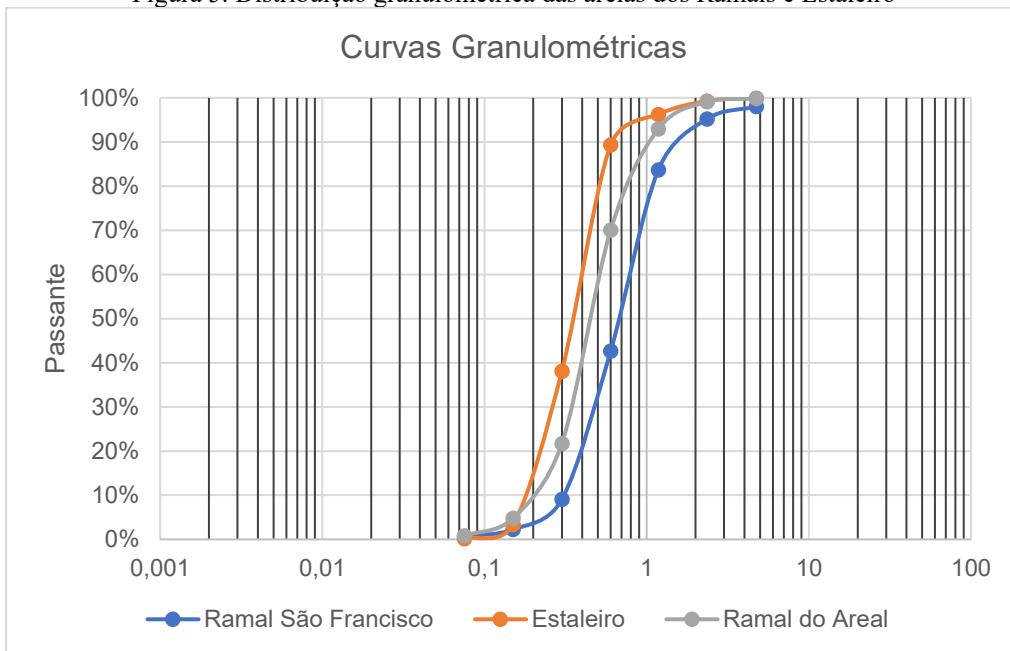
Figura 4. Distribuição granulométrica das areias das Zonas Centro Oeste e Oeste



Fonte: os autores.

Como era de se esperar as areias do Estaleiro apresenta maior conteúdo da fração areia fina e média em relação as areias dos dois ramais devido a gênese de cada uma. As areias do Estaleiro por serem de origem fluvial, obtida de um rio, apresenta maior grau de seleção natural (Figura 5).

Figura 5. Distribuição granulométrica das areias dos Ramais e Estaleiro



Fonte: os autores.

A partir dos resultados das análises granulométricas foram realizados os cálculos da dimensão máxima característica - DMC e do módulo de finura-MF. A dimensão máxima característica, segundo a NBR 7211/2005 é a grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa e o módulo de finura é a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal dividida por 100. Tendo como exemplo a dimensão máxima característica das areias dos ramais com (DMC=2,36) é superior à do Estaleiro (DMC=1,18) assim como o módulo de finura (MF=3,68) do ramal São Francisco e (MF=3,10) correspondente ao ramal do Areal sendo mais grosseira que do Estaleiro (MF=2,73). A areia do Estaleiro, de acordo com (MF=2,73), é classificada como fina e dos ramais 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 Cc e os coeficientes de uniformidade Cu ou coeficiente de não uniformidade Cnu das duas areias pelas equações:

$$Cc = (d30)^2 / (d60 \times d10) \text{ e } Cu = d60 / d10$$

Caputo (2017) sugere critérios de avaliação dos coeficientes: consideram-se de granulometria muito uniforme os solos com $Cu < 5$, de uniformidade média se $5 < Cu < 15$ e desuniforme quando $Cu > 15$. Se $Cc < 1$ ou $Cc > 3$ mal graduado e $1 \leq Cc \leq 3$ bem graduado. Pelos valores do módulo de finura, a maioria das areias é grossa, pelo coeficiente de curvatura é bem graduada e de acordo com o valor do coeficiente de não uniformidade é muito uniforme. Nota-se uma boa correlação entre esses parâmetros, conforme dados constantes no quadro 2.

Quadro 2. Características físicas das areias

Areia	DMC	MF	Classificação	Cc	Classificação	Cu ou Cnu	Classificação
Cidade Nova	4,75	4,68	Grossa	1,0	Bem graduada	2,3	Muito Uniforme
Manoa	4,75	4,68	Grossa	0,9	Mal graduada	2,0	Muito uniforme
Betânia	2,36	3,86	Grossa	1,0	Bem graduada	2,2	Muito uniforme
Morro	2,36	3,86	Grossa	1,0	Bem graduada	2,2	Muito uniforme
São José I	4,75	4,10	Grossa	1,2	Bem graduada	2,5	Muito uniforme
Coroadinho	2,36	4,13	Grossa	1,1	Bem graduada	2,2	Muito uniforme
Parque 10	4,75	4,40	Grossa	0,7	Mal graduada	2,1	Muito uniforme
Planalto	2,36	3,19	Média a grossa	1,2	Bem graduada	2,0	Muito uniforme
Alvorada	1,18	2,90	Média a grossa	1,1	Bem graduada	4,4	Muito uniforme
Tarumã	4,75	3,95	Grossa	0,8	Mal graduada	2,2	Muito uniforme
Compensa	2,36	3,49	Grossa	1,1	Bem graduada	3,2	Muito uniforme
Ramal São Francisco	2,36	3,68	Grossa	1,0	Bem graduada	2,7	Muito uniforme
Ramal do Areal	2,36	3,10	Média a grossa	1,2	Bem graduada	2,5	Muito uniforme
Estaleiro	1,18	2,73	Fina	1,1	Bem graduada	2,1	Muito uniforme

DMC- Dimensão máxima característica MF-Módulo de finura

Cu- Coeficiente de uniformidade ou Cnu- Coeficiente não uniformidade Cc- Coeficiente de curvatura

Fonte: os autores.

Umidade

O teor de umidade natural das areias variou de 0,8% a 4,0% (Quadro 3) e expressa principalmente as condições de armazenamento e o estado natural. A umidade 0,8% foi obtida de uma amostra ensacada de um comércio do bairro Betânia. Todas estão ensacadas e armazenadas em local úmido e pareciam ter sido fornecidas a bastante tempo. Próximo no Morro o proprietário tinha acabado de receber as amostras e estava ensacando. As amostras da Cidade Nova, Alvorada e Tarumã quando foram adquiridas a pilha de areia de cada estabelecimento tinha acabado de ser descarregada e estava em local aberto e sem proteção contra chuva e sol. A areia dos ramais de São Francisco e do Areal como são locais abertos, sem cobertura, ficam sujeitas as condições meteorológicas como chuva. A areia do estaleiro foi obtida de uma pilha que tinha sido descarregada de uma balsa e estava em local sem proteção. Estas condições justificam os altos teores de umidade. Das quatorze amostras analisadas a maioria apresentou umidade natural relativamente alta apesar de encontrarem-se ensacadas e armazenadas em local coberto. Os altos teores de umidade podem estar associados a umidade natural da areia da pilha quando é descarregada nos comércios. Normalmente, quando a pilha de areia é descarregada pela caçamba apresenta alto conteúdo de umidade e raramente a areia fica muito tempo exposta ao ar livre, é de imediato ensacada para a comercialização. Uma parte da pilha fica exposta quando há a intenção de comercializar em carrada.

As condições de armazenamento e acondicionamento é importante na manutenção das propriedades das areias. A areia deve ser acondicionada em local coberto protegido da chuva e não deve ser depositada diretamente no solo para evitar contaminações. A areia deve ser armazenada em local de fácil acesso à descarga.

O teor de umidade da areia é necessário para reduzir variações de água do concreto, por exemplo. O teor de água do agregado deve ser conhecido e descontado do total de água adicionado ao concreto. O teor de umidade interfere no inchamento da areia. Como areia aumenta de volume quando úmida ou revolvida, esse ensaio contribui para evitar prejuízos financeiros.

Densidade real dos grãos ou Massa específica

A densidade das areias analisadas, conforme consta no quadro 3, variou de 2,54 a 2,66 correspondendo a composição mineralógica de cada uma. As amostras são majoritariamente compostas por quartzo e em menor proporção por k-feldspatos e mica. Algumas amostras apresentaram magnetita, fragmentos de rochas e impurezas como matéria orgânica. A amostra da Cidade Nova, é de barranco com impurezas orgânicas e alto teor de material pulverulento e isso provavelmente deve ter influenciado na densidade.

pH

Todas as amostras apresentaram acidez variando de 5,3 a 5,8 consideradas com acidez média e entre 6,0 a 6,4 como acidez fraca (Quadro 3). Entretanto, tal parâmetro não apresenta limites definidos em normas brasileiras para esse tipo. Mas, a determinação do pH da areia como agregado na construção civil é importante pois o pH ácido tende a destruir o filme protetor das armaduras do concreto causando o início da corrosão da armadura de aço. A redução do pH do concreto tende a causar corrosão. O concreto no seu processo de cura geralmente apresenta pH alcalino variando de 12 a 14 que causa a formação de uma camada de óxidos resistente que adere à armadura protegendo dessa forma contra a corrosão. A alcalinidade do concreto cria normalmente uma barreira de proteção na ferragem evitando a corrosão. De acordo com a NBR 6118 a água a ser empregada no preparo do concreto deverá ser isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas, presumindo-se satisfatórias as águas potáveis e as que possuem pH entre 5,8 e 8,0. O controle do pH da areia como agregado para o concreto em obras de engenharia civil deve ser feito de forma a evitar acidentes e prejuízos econômicos.

Quadro 3. Características físicas e mineralógicas das areias

Areia	W (%)	D	pH	TAT %	TMP %	CIM	UC (%)	Mineralogia
Cidade Nova	4,6	2,54	6,3	1,65	2,0	1,27	2,3	Quartzo grosseiro, feldspato, mica, impurezas orgânicas e pó de argila
Manoa	3,0	2,66	6,4	1,67	0,18	1,27	2,8	Quartzo e feldspatos
Betânia	0,8	2,66	5,4	8,7	1,3	1,31	3,0	Quartzo, mica acessórios
Morro	3,0	2,60	6,0	1,7	1,2	1,31	3,0	Quartzo, mica e acessórios
São José I	2,8	2,60	6,4	1,84	0,40	1,28	3,1	Quartzo, mica e acessórios
Coroadinho	3,4	2,60	6,2	5,0	0,21	1,24	3,2	Quartzo, fragmentos de rocha, magnetita, impurezas orgânicas
Parque 10	3,5	2,64	5,5	1,5	0,17	1,28	2,8	Quartzo, mica e impurezas orgânicas
Planalto	3,4	2,60	6,2	0,88	1,49	1,27	2,4	Quartzo e mica
Alvorada	4,0	2,60	5,7	1,4	1,5	1,31	3,2	Quartzo, mica e impurezas orgânicas
Tarumã	4,0	2,60	5,7	1,6	1,4	1,29	2,9	Quartzo grosseiro, feldspato, fragmentos de rocha e impurezas orgânicas
Compensa	1,8	2,65	5,7	1,02	1,2	1,30	3,1	Quartzo, feldspato, mica e impureza orgânica
Ramal São Francisco	4,0	2,60	5,8	0,38	3,5	1,32	3,2	Quartzo, fragmentos grosseiros de quartzo e impurezas orgânicas
Ramal do Areal	3,6	2,60	5,6	0,48	3,5	1,29	2,6	Quartzo e impurezas orgânicas
Estaleiro	3,8	2,60	5,3	1,2	0,90	1,32	3,3	Quartzo, mica e impurezas orgânicas

W- Umidade natural D- Densidade real CIM- Coeficiente de inchamento médio UC- Umidade crítica.

TAT- teor de argila em torrões

TMP- teor de material pulverulento

Fonte: os autores.

Argila em Torrões

A areia pode conter argila sob a forma de torrões ou películas superficiais que normalmente indica o ambiente de formação e a qualidade da areia. As areias derivadas de ambientes de Latossolos e de minas tendem apresentar maior conteúdo de argila em relação as areias aluvionares as chamadas “areias lavadas”. Os torrões de argila quando na presença de umidade tendem a expandir e a desagregar pela absorção de água afetando a aderência entre a areia e o cimento além de maior quantidade de água. Os torrões de argila em geral são responsáveis por causar patologias, especialmente, em argamassas de revestimento e baixa resistência mecânica ao concreto. Devido ao caráter danoso, os torrões são limitados pela NBR 7211 (ABNT, 2005) em 3% em relação à massa do material destinado a produção de concretos. Todas as areias analisadas apresentaram, conforme consta no quadro 3, torrões de argila e apenas duas com teor acima do que preconiza essa norma como a amostra adquirida no bairro Betânia com 8,7% e a do Coroado com 5,0%. Os ensaios revelaram que a origem das areias, aparentemente, não influenciou na proporção de teores globais de argila em torrões nas areias. Pois tanto as amostras de origem fluvial, de barranco e residual (de origem de arenito) apresentaram resultados sem grandes diferenciações entre eles uma vez que se esperava que as amostras fluviais “lavadas” apresentassem os menores teores. As areias adquiridas no bairro Betânia e no bairro Coroado são de origem fluvial ou “lavada” e devido a origem não se esperava valores elevados. As areias coletadas nos ramais durante a análise táctil visual não mostraram teores de argila em torrões que chamasse a atenção, mas as areias associadas aos Latossolos tendem a apresentar maior percentual de torrões e principalmente materiais pulverulentos.

Teor de materiais pulverulentos

Todas amostras apresentaram material pulverulento, mas as amostras dos ramais São Francisco e do Areal apresentaram teores acima dos 3% (Quadro 3) preconizados na NBR 7211 (ABNT, 2005). O teor de material pulverulento das areias de barranco é maior que das areias lavadas. A areia da Cidade Nova com 2,0% e dos ramais com 3,5% de material pulverulento são percentuais muito superiores em relação as demais que apresentaram teores abaixo de 1,5%. A maior quantidade de material pulverulento da areia dos ramais 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 São Francisco e do ramal do Areal, de origem da alteração *in situ* de arenito, apresentaram 3,5% de material pulverulento estando acima dos 3% recomendados para concreto submetido a desgaste superficial pela NBR 7211/2005. Porém, esse valor está abaixo dos 5% quando

se trata de concretos protegidos do desgaste superficial. A quantidade de material pulverulento como silte e argila devido a sua granulometria muito fina e grande área superficial pode afetar a hidratação do cimento e da argamassa demandando maior quantidade de água elevando a relação água/cimento reduzindo a resistência do concreto. A quantidade de material fino em excesso na amostra pode indicar a degradação da areia, reduz a aderência e pode afetar a qualidade do concreto, por exemplo.

Inchamento

Os ensaios mostraram que os volumes das areias variaram em função do teor de umidade pois água absorvida e aderente aos grãos causa afastamento entre eles e consequentemente no inchamento. A curva de inchamento é expressa em volume relativo em função da umidade e cada areia tem diferente curva de inchamento. Durante o ensaio percebeu-se que com a adição de água, a areia aumentava de volume, mas depois de certo teor principalmente acima da quantidade água de 5% e 7% o volume não apresentava aumento. As curvas de inchamento das areias analisadas apresentaram comportamento diferentes dos volumes ou do coeficiente de inchamento em função da umidade. Os resultados dos ensaios, que constam no quadro 3, indicam que as amostras apresentaram valores diferentes correspondendo ao comportamento das areias com a umidade. É importante ressaltar que o inchamento está associado a composição granulométrica e do grau de umidade da areia. Além de depender da porcentagem da umidade está relacionado com a finura. A areia do Coroado apresentou o menor coeficiente de inchamento médio (1,24) para umidade crítica de 3,2% e a do Estaleiro com 1,32 para umidade crítica de 3,3% e do ramal São Francisco com (1,36) para umidade crítica de 3,2%. Significa para a areia do Coroado que para umidade de 3,2%, o volume adquire um acréscimo de 1,24 do seu volume inicial, para a do Estaleiro 3,3%, o volume tem um acréscimo de 1,32 e São Francisco de 3,2% de umidade tem acréscimo de 1,32 de seus volumes iniciais. Para umidades maiores, o volume não sofre inchamento significativo por se tratar de umidade crítica. A granulometria, a finura e o material pulverulento (impurezas orgânicas e pó de argila) devem ter influenciado no grau de inchamento das areias analisadas.

Composição Mineralógica 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 em um ambiente bem iluminado. 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 encontram-se em pequenas lâminas pouco fraturadas. Na amostra do ramal do Areal 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 1), 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. Em função do número grande de amostras este ensaio foi realizado em apenas três amostras como representativas sendo uma do Estaleiro, do ramal do Areal e amostra do Tarumã esta última representando as amostras adquiridas nos comércios. As 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 indica o caráter quartzosa predominante das areias. A presença de alumínio próximo a 1% remete à presença de muscovita ($KAl_2(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$), que pode ser facilmente identificada ao manusear as amostras, principalmente a amostra do ramal, que possui a maior quantidade de alumínio dentre as amostras analisadas.

Quadro 4. 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 do Areal	1,11	99,00	0,05	0,1	0,10	0,050	0,810	0,1	0,02	0,20
Tarumã	1,41	95,77	0,05	0,1	0,10	0,015	1,13	0,1	0,02	0,20

Fonte: os autores.

Morfologia

A morfologia foi feita com o auxílio de lupa em um ambiente bem iluminado, baseando-se na classificação de Compton (1962) que descreve grau de arredondamento e esfericidade de grãos. Para cada amostra foram analisados 50 grãos e na descrição do arredondamento e da esfericidade dos grãos, foi utilizada a escala proposta por Powers (1953) que é reconhecida internacionalmente por sua praticidade na avaliação e classificação das partículas ou grãos em cinco classes: angular, subangular, subarredondado, arredondado e bem arredondado.

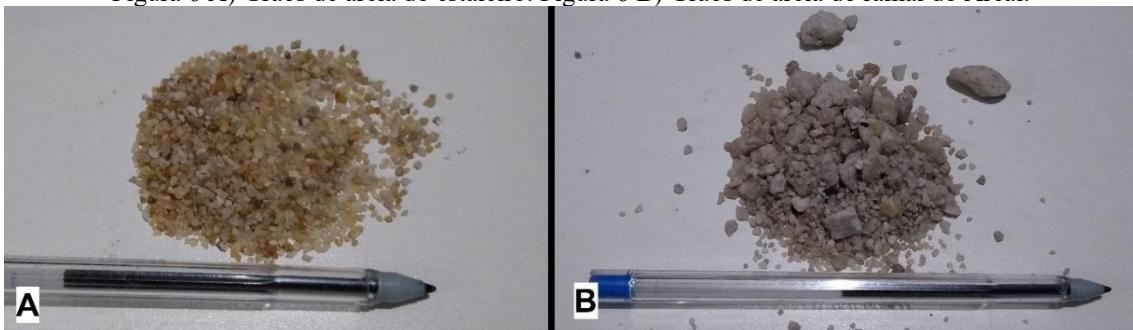
As areias dos ramais São Francisco e do Areal apresentaram coloração branca, em geral, com tonalidade cinza, apesar da predominância do quartzo e de feldspatos. Provavelmente a presença de matéria orgânica seja a responsável pela tonalidade escura. Os grãos apresentam pobre grau de seleção, possuindo uma variação nítida de granulometria desde areia fina até grânulo predominando a areia grossa. Na fração grosseira a média (4,75-1,18mm), a maioria do quartzo é anguloso com uma parte subanguloso. A grande quantidade de feldspato indica imaturidade mineralógica e os grãos são angulosos com baixa esfericidade e baixo polimento. Na fração fina (1,18-0,150mm), a maior porcentagem dos grãos de quartzo é angulosa com pequena parcela subangulosa. Os grãos de feldspatos são angulosos com clivagem e a mica se mostram entre angulares e angulares. Em geral, os grãos são dominante mente angulosos, pouco esféricos e possuem aspecto fosco, com textura superficial muito irregular. A morfologia dos grãos das areias dos ramais 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.

A areia do estaleiro apresentou coloração marrom claro, bom grau de seleção, predominando a areia fina a média. Na fração (4,75-1,18mm), a grande maioria dos grãos de quartzo é subarredondada, com uma pequena parcela arredondada a subangulosa. Apresenta grande quantidade de feldspato e mica indicando imaturidade mineralógica. Os grãos de feldspatos mostram grãos angulosos, baixa esfericidade e baixo polimento. Na fração (1,18-0,150mm) os grãos de quartzo são bem arredondados, moderadamente esféricos e possuem um brilho vítreo característico com textura superficial lisa. Estas características são reflexo do ambiente aluvionar.

Como pode-se observar na figura 6A, 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 dos ramais 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. A morfologia 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 6 A) Grãos de areia do estaleiro. Figura 6 B) Grãos de areia do ramal do Areal.



Fonte: Cardoso (2019).

As areias adquiridas nos vários estabelecimentos comerciais apresentaram nas frações (4,75-1,18mm), grãos de quartzo angulosos com pequena parcela subangulosa. A grande quantidade de feldspatos, micas e fragmentos de rocha indica imaturidade mineralógica. Os feldspatos apresentam grãos angulosos, estando condicionados pela clivagem, com baixa esfericidade e baixo polimento. Na fração de 1,18 a 0,150mm, os grãos de quartzo aparecem subarredondados a arredondados. Uma pequena quantidade de feldspato apresenta-se arredondado. Os grãos de mica se mostram entre subarredondado a arredondado, baixa esfericidade e baixo polimento.

Impurezas orgânicas

A determinação das impurezas orgânicas das areias foi feita 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. Todas as areias apresentaram coloração mais escura em relação a solução padrão recomendada na NBR NM 49 confirmando as suspeitas durante o ensaio pois todas apresentaram pequenos gravetos, restos de folhas e coloração escura (cinza e marrom). A maioria das amostras apresentou impurezas orgânicas húmicas com detritos comumente de origem vegetal que escureciam a areia. 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.

As impurezas orgânicas na areia, formada por partícula de húmus, afetam o endurecimento das argamassas e concretos além disso, o húmus é ácido e tende a neutralizar a água alcalina da argamassa prejudicando a aderência entre o cimento e as partículas dos agregados.

5 CONCLUSÃO

O estudo das areias analisadas permitiu conhecer a origem geológica e a sua qualidade. A areia fornecida e comercializada em Manaus é, na sua maioria, de origem aluvial, designada de “areia lavada” e de terra firme (Espodossolo e da decomposição de arenitos) proveniente dos ramais São Francisco e Areal designadas de areia de cava ou “barranco”. Os ramais São Francisco e Areal, atualmente, são as principais áreas de extração de areia em terra firme que fornecem para Manaus para a construção civil. A expressão “areia lavada” e “areia de barranco” é muito usada pelos comerciantes para designar a areia proveniente de rio, consideram como de melhor qualidade, e areia extraída de terra firme, respectivamente. O conhecimento da origem geológica das areias é importante pois origens diferentes refletem em qualidades diferentes. Amostras, por exemplo, originadas de um depósito de Espodossolo possuem características bem diferentes das areias de depósitos aluviais ou fluviais. Nesse sentido, é de extrema importância conhecer a origem da areia que se pretende adquirir visando o uso deste bem mineral de forma mais eficiente.

Em relação a qualidade das areias com base nas características físicoquímicas e mineralógicas, pode-se afirmar que a maioria das areias apresentou granulometria grossa de acordo com os valores do módulo de finura (MF), pelo coeficiente de curvatura (Cc) como bem graduada e de acordo com o coeficiente de não uniformidade (CNU) como muito uniforme. As areias dos ramais ou de terra firme são mais grosseiras que as do Estaleiro. As areias do Estaleiro são classificadas como finas e dos ramais como grossa de acordo com o módulo de finura da NBR 7211/1983. A umidade natural das areias representa a forma de armazenamento e exposição ao livre onde as amostras com percentual de umidade baixa se encontravam bem acondicionadas e ensacadas. A densidade corresponde a composição mineralógica onde a maior densidade indica maior conteúdo de quartzo e os menores valores a presença de micas e impurezas orgânicas. Todas as areias analisadas apresentaram torrões de argila e apenas as areias adquiridas na Betânia e no Coroado apresentaram valores acima de 3% preconizados pela NBR 7211 (ABNT, 2005). Todas amostras também apresentaram material pulverulento, mas as dos ramais apresentaram teores acima dos 3%. Vale mencionar que o teor de material pulverulento das areias de “barranco” é maior que das “areias lavadas”. Em relação as análises de inchamento, todas as areias apresentaram valores diferentes correspondente ao comportamento das areias com a umidade e com coeficientes de inchamento médio não prejudicial ao concreto e argamassas. A morfologia dos grãos e a composição mineralógica também são importantes e devem ser levadas em consideração na produção de concretos convencionais ou em argamassas. A morfologia variou de acordo com a granulometria, uma vez que nas frações média a grossa a maioria dos grãos de quartzo é angulosa a subangulosa com baixa esfericidade, na fração fina de

subarrendondada a arredondada e com maior esfericidade. A composição das areias é essencialmente quartzosa e a presença da mica nas areias, ainda que em pequenas quantidades, pode comprometer a sua qualidade como agregado, especialmente, para construção civil. De acordo com os resultados obtidos foi constatado que algumas amostras apresentaram parâmetros (torrões de argilas, material pulverulento e impurezas orgânicas) acima do permitido pela NBR 7211/2005. Entretanto, não comprometem de forma significativa a sua qualidade para o uso como concreto e argamassas, ou seja, para a construção civil.

Neste sentido, 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. Recomendam-se outros ensaios para conhecer as propriedades das areias como a determinação dos minerais de argila e análise química para detectar cloretos, materiais carbonosos, ou mesmo sulfatos solúveis que são nocivos ao concreto e argamassas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7219: Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro. 1987.

Agregados-Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 7211: Agregados para concreto-Especificações. Rio de Janeiro. 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 7211: Agregados para concreto-Especificações. Rio de Janeiro. 2005.

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 75 μ m, 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 NM 26: Agregados - Amostragem. São Paulo. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TECNICA- ABNT-NBR 6467/2013- Agregados- Determinação do inchamento de agregado miúdo-Método de ensaio.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TECNICA- ABNT-NBR 7218/2010- Agregados- Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TECNICA- ABNT-NBR 6457/2016- Amostras de solo- Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - BRITO,

CAPUTO, H. P.; CAPUTO, A.N.; RODRGUES, 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.

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.

DNER – ME 093/64 – Densidade real dos solos.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 2^a edição. 1997. 212p.

OLIVEIRA, J. F. de. Monitoramento dos impactos ambientais causados pela extração de areia na região metropolitana de Manaus. Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia-PPG/CASA-Mestrado acadêmico. UFAM. 2020.

RELATORIO TÉCNICO 31. Perfil da areia para construção civil. MME-SGM. J. Mendo consultoria. 2009.

SAINT-EXUPÉRY, Antonie. O essencial é invisível aos olhos. Revista Areia e Brita. P3. Edição Especial.2014

SOUZA, M. M.; SILVA, A. L.O.; PINA, L.V.G. Caracterização do agregado miúdo fornecido na Microrregião do Agreste Potiguar, popularmente denominado “Areia Barrada” Revista Holos p395-407. Ano 33. Vol. 04. 2017. Obtido de <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/Holos/index>

YAZIGI. A técnica de edificar. 13^a ed.p.218-219. São Paulo: Pini.2013.