



ENDOCORPO DE CAJARANA (*SPONDIAS SP.*) COMO ALTERNATIVA PARA AGREGADO GRAÚDO DE CONCRETO LEVE.

Italo Max de Sousa Jales¹, Marília Pereira De Oliveira².

Resumo: O endocorpo (comumente tratado com caroço) de cajarana (*Spondias sp.*) é um rejeito, volumoso e descartado sem destino de uso alimentar, de centrais de beneficiamento de polpas da fruta. O objetivo deste trabalho é investigar as características físicas do caroço de cajarana e analiticamente tratar como um substituto da argila expandida para concretos estrutural leve. Foi analisado a granulometria do agregado por peneiramento (NBR NM 248), massa unitária (NBR NM 45) e índice de forma pelo método do paquímetro (ABNT NBR 7809), o caroço de cajarana apresentou graduação próxima a brita 1, massa unitária de 320 kg/m³, entre as margens de argila expandida de fornos rotativos e índice de forma de 1,40. Com a caracterização verificou-se semelhança física do endocorpo da cajarana com argila expandida, questão ecológica de destino do resíduo das centrais de polpas de cajarana e economia energética por evitar fabricação do agregado artificial são, também, motivos impulsionastes para uso do endocorpo na fabricação de concreto.

Palavras chave: rejeitos de polpas; concreto sustentável; uso de resíduos na construção civil.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil tem grande importância na geração de empregos e bem-estar dos cidadãos, e influi diretamente no desenvolvimento econômico de um país, hoje mais do que nunca, conhecemos sua importância e se investe em novas tecnologias e aprimoramento. Assim como a segurança e estética de uma edificação, novos aprimoramentos na areia sustentável são incentivados, uso de rejeitos industriais, melhor aproveitamento de matéria prima e menor geração de resíduos na construção civil são constantemente aprimorados para um avanço sustentável.

A cajarana também é popularmente conhecida por umbu-cajá ou cajarana do sertão, o fruto apresenta formato arredondado, casca fina, cor amarela, polpa suculenta e acida aroma forte. As frutas do gênero *spondias sp* são fonte de renda para muitos, grande parte da produção é beneficiada em indústrias de polpas e comercializadas constantemente para fabricação de sucos, sorvetes, geleias e outras sobremesas.

Uma inovação que reuni características favorável economicamente e ecologicamente. O estudo do agregado alternativo investigara sua granulometria, forma, leveza e perspectiva de maior oferta da matéria com crescente aceitação da fruta além do Nordeste brasileiro.

¹. Formando em Ciências e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

². Professora do curso de Engenharia Civil da UFERSA.

2. FRUTILIZAÇÃO DO CONCRETO

O concreto compõe praticamente todo ambiente urbano, viabilizador de estética, de rapidez e de segurança das obras que o envolve.

ABNT NBR 12655:2006, define o concreto como material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados e água, com ou sem aditivos químicos, que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento [1]. Este mínimo de quatro componentes (água, cimento, agregado miúdo e agregado graúdo) formam subsistemas do concreto. O cimento mais água forma a pasta, pasta mais agregado miúdo forma a argamassa, com argamassa e agregado graúdo temos os concretos simples.

Sua semelhança com rochas naturais, devido sua alta resistência quando no estado endurecido, o faz ser considerado uma rocha artificial, e quando fresco ‘possibilita sua modelagem em formas e tamanhos os mais variados’ [2].

O concreto nos rodeia, esta incrível matéria de construção está presente em nossas moradias, hospitais, estoque de comida, estradas, geração de energia elétrica e entre outros diversos espaços que contribuem para boas condições de vida.

É o componente de construção mais utilizado, principalmente devido ao fato de ser produzido de modo relativamente fácil, a partir do uso de matérias-primas naturais e de fácil extração, e fácil aplicação, adaptando-se rapidamente aos ambientes existentes [3]. ‘o concreto é sempre o menos dispendioso, apresenta resistência e durabilidade adequadas e requer menos energia para ser produzido’ [4].

O componente de construção mais utilizado no mundo é o concreto, o consumo é estimado em 11 milhões de toneladas anualmente, tamanho consumo pelos seres humanos só é menor que da água [5].

No Brasil somente das centrais dosadoras são produzidos aproximadamente 30 milhões de metros cúbicos de concreto anualmente [2].

O grandioso projeto hidrelétrico de Itaipu entrou em funcionamento em 1982, situada na fronteira entre Brasil e Paraguai no Rio Paraná, uma construção idealizada com 12,7 milhões metros cúbicos de concreto (equivalente a 210 estádios Maracanã) e 180 m de altura com patrimônio estimado em US\$ 12 bilhões e vida útil mínima de 200 anos ,que tornou destaque mundial em proporções físicas, ficando atrás somente da Três Gargantas, usina chinesa, e em muitos anos assumindo o auge mundial de geração de eletricidade [5-6].



Figura 1: Hidrelétrica de Itaipu (Mheta e Monteiro, 2006)

3. AGREGADOS.

Para a construção civil, agregados são compostos granulares, e geralmente fragmentos de rochas naturais como cascalho e areia de rio. Estas partículas granulares são inertes ao interior do concreto e tem grande relevância para o desempenho final no estado fresco e endurecido, pois ocupam aproximadamente 75% do volume do concreto.

São classificados ou subdivididos segundo origem, dimensões medias ou peso específico, os concretos herdam muitas características de seus agregados, como exemplo o peso específico, resistência a compressão, valor econômico, valor ecológico e trabalhabilidade quando fresco.

Quanto a origem de obtenção dos agregados, são divididos em naturais ou artificiais. Os primeiros são encontrados na natureza prontos para uso, recurso de baixo custo pois exige somente a logística de extração, mas, apresenta impactos ambientais e apesar de abundantes no Brasil não é considerado um material de construção renovável (exemplos como areia de rio ou seixo rolado). Os produzidos ou beneficiados pelo homem e classificados como artificiais.

A classificação segundo diâmetro médio dos grãos, usual no Brasil, é segundo a ABNT NBR 7211:2005. Agregados graúdos são aqueles passantes na peneira de abertura 75 mm e retidos na peneira de abertura 4,75 mm, já os agregados miúdos são todos aqueles passantes na peneira de abertura 4,75 mm.

Outra característica de classificação importante dos agregados que influencia no peso específico do concreto é o peso específico do próprio agregado usado. São divididos em leves, com massa específica abaixo de 1120 kg/m³, normal ou comum, com massa específica entre 1120 e 2400 kg/m³, e pesados que variam de 2880 a 5760 kg/m³) [5].

3.1. Argila expandida

A argila expandida é um agregado leve e isolante constituído de uma crosta microporosa rígida (cerâmica ou argila vitrificada) e de alta resistência, com o interior formado por uma massa cerâmica porosa. O processo é realizado em fornos a uma temperatura de 1.100 °C [7].

No processo de fabricação da argila expandida é indispensável o fornecimento de calor a matéria prima. Existem dois processos usados na indústria, por sintetização e por forno rotativo, o primeiro transfere calor pelo contato direto com fluidos inflamáveis em combustão e o segundo método pela chama da queima de combustíveis.

A produção de argila expandida pelo método de sintetização resulta em superfície de poros abertos e forma irregular e anguloso, motivo pelo qual o produto da sintetização é menos indicado que o produzido em fornos rotativos [3].

A produção da argila expandida, do preparo da matéria-prima a estocagem do produto final, podem ser divididas em 8 etapas e são descritas a seguir.

1. Homogeneização: matéria-prima lançada em depósito para homogeneização;
2. Desintegração: material lançado em um desintegrador a fim de reduzir os torrões a um diâmetro máximo de 5 cm;
3. Mistura e nova homogeneização: o material é transportado até um misturador com a finalidade de deixar a argila com a trabalhabilidade adequada para extrusão. Podendo ser feita ainda a correção de água e adição de aditivos para melhorar a plasticidade da argila ou para aumentar sua expansão durante a queima;
4. Laminação: nessa etapa o material passa por dois cilindros rotativos que eliminam os torrões maiores que 5 mm, deixando a mistura pronta para extrusão;
5. Pelotização: é realizada por extrusão contínua em que o material é forçado contra uma placa perfurada por orifícios circulares. O diâmetro desses orifícios influi diretamente no diâmetro dos agregados após a queima. O material que sai pelos orifícios é cortado por uma lâmina rotativa, formando, assim, as pelotas que são lançadas ao forno;
6. Secagem e queima: a parte mais importante do processo que ocorre dentro do forno rotativo. A disposição das aletas internas para condução do material, a inclinação do forno, o tempo de permanência dentro do forno, assim como outros detalhes específicos, dependem das características da argila e devem ser estudados visando à maior economia do processo e do desempenho do produto. Na primeira fase, ocorre a secagem das pelotas. Na zona de combustão,

o forno atinge a temperatura prevista para expansão das pelotas, geralmente entre 1000°C e 1350°C. Geralmente o combustível é óleo ou gás;

7. Resfriamento: cilindro utilizado na saída do forno, no qual é soprado ar por ventiladores. O ar quente é reaproveitado no interior do forno;

8. Classificação e estocagem final: os agregados são classificados quanto a sua granulometria e armazenados para comercialização [3].

A matéria prima da argila expandida é um tipo especial de argila mineral, com características piro expansivas. Os seguintes elementos químicos compõe o produto de fornos rotativos: Silício (em SiO₂) 63,19%, Alumínio (em Al₂O₃) 18,02%, Ferro (em Fe₂O₃) 7,63%, Titânio (em TiO₂) 0,92%, Cálcio (em CaO) 0,64%, Magnésio (em MgO) 3,26%, Sódio (em Na₂O) 0,61%, Potássio (em K₂O) 4,91%, Óxido de Fósforo (P₂O₅) 0,20%, Óxido de Manganês (MnO) 0,08%, Óxido de Bário (BaO) 0,09% e 0,20% de massa liberado com gás na combustão [7].

4. CONCRETO LEVE

Para se adaptar aos novos e desafiadores usos, nas últimas décadas o concreto tem evoluído, especificando suas aplicações aos mais variados ambientes com uma enorme gama de agregados, aditivos, e forma de uso [8].

ABNT NBR 12655 classifica concreto leve como qualquer um endurecido e seco com massa específica entre 800 kg/m³ e 2 000 kg/m³ [1].

A produção de concreto leve usa de substituição de matéria sólida por gasosa.

1) Introduzindo ar especificamente na matriz cimentícia, com gases ou espumas, que reagem criando bolhas de ar e, dessa forma obtêm-se o concreto conhecido como concreto celular ou aerado. (Figura 2b)

2) Produzindo o concreto somente com o aglomerante, água e agregados graúdos, e assim criando-se vazios entre agregados e pasta, esse concreto é conhecido como concreto sem finos, e pode ser utilizado na confecção de painéis divisórios em edifícios de concreto armado, na construção de estruturas de drenagem e também como sub-base de quadras de esportes. (Figura 2c)

3) Utilizando agregados porosos, como é o caso da argila expandida, para a confecção do concreto e são os únicos que atingem resistência suficiente para serem utilizados com fins estruturais [9]. (Figura 2a)

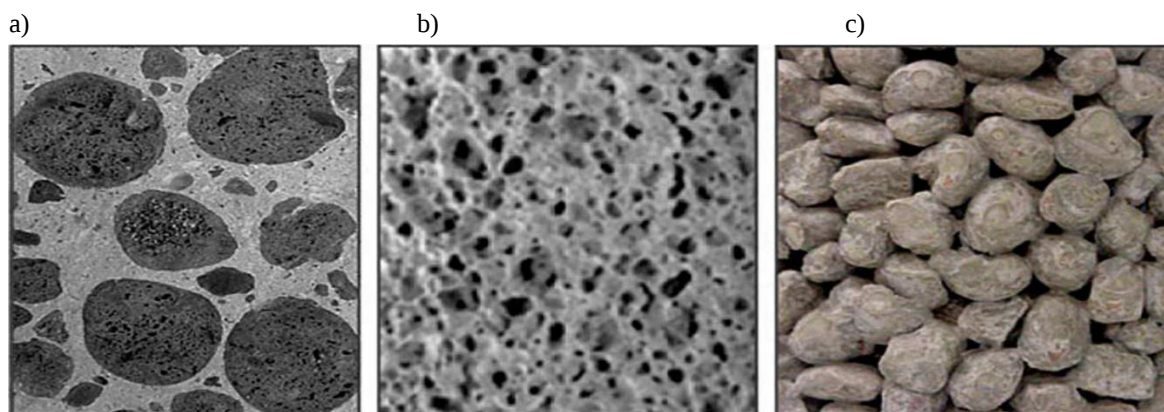


Figura 1: a) concreto leve com argila expandida; b) concreto celular; c) concreto sem finos. (Rossignolo 2009)

4.1. Histórico

A primeira indicação conhecida da aplicação dos concretos com agregados leves data de aproximadamente 1100 a.C., quando construtores pré-colombianos, originários da região da atual cidade de El Tajin, localizada no México, utilizaram uma mistura de pedra-pomes com um ligante à base de cinzas vulcânicas e cal para a construção de elementos estruturais [3].

Entre os exemplos mais notórios são partes do Coliseu de Roma, edificação destinada para até 50 mil espectadores, a cobertura do Panteão de Roma, cúpula abobadada com 44 m de diâmetro, e Porto de Cosa, utilizando aglomerantes de cinzas vulcânicas e agregados de rochas vulcânicas [3-10].

Após essas construções antigas, o uso de concreto leve foi retomado no início do século XX com agregados artificiais e cimento Portland. O uso de agregados graúdo artificial, argila expandida, teve início nos EUA em 1918, pelo engenheiro Stephen J. Hayde [3].

Logo em seguida a descoberta, o ginásio da Westport High School (Kansas – 1922) foi a primeira edificação a usar concreto leve em sua composição, escolha impulsionada pela baixa capacidade de sustentação do solo no local da construção. A segunda aplicação aconteceu na mesma cidade, no ano de 1929, para conclusão dos últimos pavimentos do edifício de escritórios da Southwestern Bell Telephone Company, o projeto de finalização da edificação suportava mais 8 pavimentos de concreto convencional, mas com uso de concreto leve, houve o acréscimo de 14 pavimentos sem comprometer as fundações. No mesmo ano do acabamento dos pavimentos, teve-se a construção do hotel Chase-Park Plaza na cidade de St. Louis, primeiro edifício de múltiplos pavimentos (28 andares) integralmente com concreto leve de argila expandida [3].

O mundo pós-guerra (Segunda Guerra Mundial - 1945) junto com o fim da patente de Hayde, impulsionaram o uso da argila expandida a compor concreto estrutural pelo mundo [3].

Na década de 1950 outros edifícios de múltiplos pavimentos foram executados com concreto leve, tais como Australia Square Tower (Austrália) em 1967, Park Regis (Austrália) em 1968, Standart Bank (África do Sul) em 1970 e o BMW Building (Alemanha) em 1972. Foi também, a partir dos anos 1950 que se iniciou a aplicação dos concretos leves em construções pré-fabricadas, uma das mais vantajosas aplicações desse tipo de concreto [10].

No Brasil o Grupo Rabelo visando melhor logística de elementos pré-fabricados, tem iniciativa de produzi-los com concreto de argila expandida, deparando-se com ausência de fornecedores brasileiros, o grupo implantou em 1968 a CINASATA S.A, a primeira unidade de produção nacional do agregado artificial no município de Jundiaí/SP para fornecer matéria a CINASA – Construção Industrializada Nacional, pertencente ao mesmo grupo. O uso de concreto leve pelo grupo pioneiro no país se concentrou em pré-moldados estruturais [3-10].

No Brasil, o uso de concreto leve de argila expandida ainda segue em ritmo lento, sendo usado predominantemente em grandes vãos de telhados e detalhamento arquitetônico.

4.2. Concreto leve estrutural

O concreto leve estrutural é composto por substituição da pedra britada pela argila expandida. Para esse tipo específico de concreto, a argila expandida é a única capaz de conferir leveza e resistência mínima para classificação estrutural leve. Segundo ABNT NBR 8953:2015 os concretos são divididos por grupos de resistência e consistência, concretos estruturais apresentam resistência a compressão mínima de 20 MPa aos 28 dias de idade [11].

Comparando as resistências a compressão dos concretos, convencional e leve, com mesma dosagem de aglomerante, os convencionais sempre sobressaem ao leve [3]. Porém, a resistência a compressão não é o único parâmetro analisado em estruturas onde seu peso próprio corresponde a parte considerável do carregamento total, para esses tipos de estruturas especiais é analisado também seu peso próprio, ligado diretamente a massa específica. Concretos leves de argila expandida reduzem peso próprio da estrutura, possibilitando grandes vãos (onde o peso próprio pode chegar a 70% da carga na estrutura), simplificação das fundações e armaduras [12].

Outra propriedade ligada ao concreto de argila expandida é sua baixa condutividade térmica, os vazios presentes em seus agregados reduzem a absorção de calor. A baixa condutividade térmica está ligada ao conforto do ambiente habitável e diminuição da quantidade de energia com resfriamento ou aquecimento, dependendo do clima.

Os vazios que conferem leveza e baixa condutividade térmica, de início, parecia aumentar a permeabilidade do concreto e facilitar a circulação de agentes degradantes. A substituição pelo agregado mais poroso não significa que será mais permeável, análises mostram que os poros das argilas expandidas não se interligam e possuem permeabilidade igual ou menor que concretos convencionais, não existindo assim canalículos intercomunicados, ou seja, caminho preferível para circulação [13].

5. A FRUTICULTURA NO BRASIL

O Brasil se destaca na produção de frutas pela diversidade e condições de produção, com extensas áreas produtivas e diversos tipos de clima possibilitando a variedade e interesse internacional.

A fruticultura no Brasil vem apresentando notável crescimento, bem aceita no mercado interno e, a cada dia, vem sendo também no mercado internacional, aumentando o volume de exportação, variedade de frutas e países de destino [14].

O histórico mostra o crescimento ininterrupto de exportação de frutas, o produto brasileiro atende o rigoroso padrão de qualidade do consumidor internacional. O Brasil é o terceiro maior produtor, responsável por 10% do produzido mundialmente, em 2003 o volume de exportações aumentou 21,4 %, em relação ao anterior [15].

O agronegócio é o maior ramo exportador brasileiro, a fruticultura representa 25 % dessas exportações e vem aumentando suas áreas de produção nos últimos anos, principalmente para o Nordeste, onde cultiva-se sabores tropicais apreciados internacionalmente [16].

6. CAJARANEIRA (SPONDIAS SP)

O gênero *Spondias* pertence à família *Anacardiaceae* e possui 18 espécies distribuídas nos neotrópicos, Ásia e Oceania [10]. A cajaraneira (*spondias sp*), árvore do fruto cajarana (figura 1a), apresenta copa em formato de guarda-chuva, com altura entre 6 e 8 m e diâmetro que pode alcançar 20 m, tronco de casca rugosa e cor acinzentada [14].

A fruta e popularmente chamada de cajarana, umbu-cajá ou cajarana do sertão, a safra é concentrada entre fevereiro e abril, o fruto apresenta de formato arredondado, casca fina, cor amarela, polpa succulenta e acida de aroma forte e agradável (figura 1b) com um endocorpo chamado de caroço localizado em seu centro (figura 1c). A cajarana é um híbrido de dois componentes de seu gênero, como a maioria dos híbridos parcialmente inférteis, sua proliferação sexuada e praticamente nula, sendo uma alternativa viável e comum de propagação da planta o método de clones (estacas provenientes de poda são fixadas em terra úmida onde acontece enraizamento e formação de ramos).

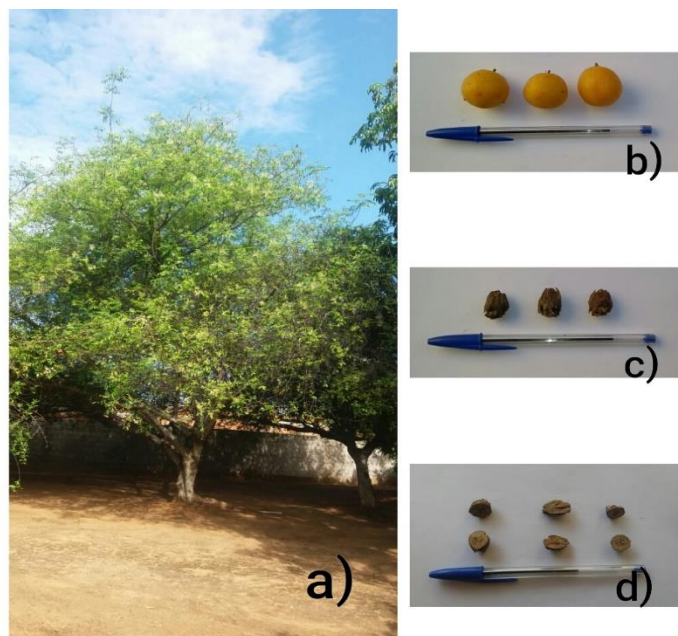


Figura 3: a) Cajaraneira (*spondias sp*). Sítio São Francisco, Mossoró/RN; b) Cajarana (*spondias sp*) in natura; c) Endocorpo da cajarana (*spondias sp*); d) Secção transversal do endocorpo da cajarana (*spondias sp*). (Autoria própria)

6.1. Importância social da fruta.

No Nordeste brasileiro, as frutas do gênero *spondias* sp, principalmente ciriguela (*Spondias purpurea* L.), umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) e cajarana (*Spondias* sp.) são fonte de renda para agricultores familiares, mesmo que sujeitos a sazonalidade de safra, o fruto in natura é vendido em feiras livres e rodovias de grande tráfego e para indústrias de beneficiamento.

A fruticultura enfrenta o problema de sazonalidade de safras e alta perecibilidade. As safras das frutas são de intenso volume em curto tempo, e o estoque das frutas in natura é inviável por conter matéria não aproveitadas, como cascas e caroços. O beneficiamento de frutas em polpas se mostrou uma ótima alternativa pela aceitação dos consumidores internos e externos.

‘Polpa de fruta é o produto não-fermentado, não-concentrado e não-diluído, com teor mínimo de sólidos totais, provenientes da parte comestível da fruta, obtido de frutas polposas, por processo tecnológico adequado’ [18].

A cajaraneira é cultivada em pomares domésticos, onde parte dessas são destinadas para produção de polpa de fruta em pequenas indústrias ou cooperativas familiares. As polpas são usadas em sucos, doces, geleias, sorvetes e entre outras sobremesas.

O processo de despulpamento da fruta pode ser manual, que consiste simplesmente em prensar, a fruta bem madura, na mão para desprender o caroço da polpa, ou uso de máquinas apropriadas de despulpamento, que funciona semelhante a liquidificadores fatiando a superfície até restar o caroço despulpado. Em ambos os processos, os caroços continuam com requisitos de polpa devido a dificuldade de retirada da quantidade presente nos orifícios do endocorpo, a Figura 4 mostra os orifícios do rejeito (caroço) preenchidos por requeijos de polpa.

O interesse local (Nordeste) na cajarana traz renda para os envolvidos em suas colheitas e beneficiamento. A boa aceitação de sabores cítricos tropicais existe em todo o país e exterior, as fronteiras de consumo da cajarana têm bons motivos para acontecer no futuro próximo, para isso, deve-se investir em manejos para evitar desperdícios na coleta e boa aproveitamento no beneficiamento.



Figura 4: Endocorpo de cajarana (*spondias* sp) despulpado mecanicamente. (Autoria própria)

7. MATERIAIS E MÉTODOS

A cajarana foi colhida no Sítio São Francisco e despulpados com liquidificador industrial, após este preparo, os endocarpos foram caracterizados no Laboratório de construções rurais e ambientais UFERSA Mossoró.

Para a caracterização física do caroço de cajarana, foram analisados a granulometria, massa unitária e índice de forma dos grãos.

A granulometria foi definida pela ABNT NBR NM 248:2003, A sequência de peneiras usadas foi uma mistura de series intermediarias e normal (25 mm a 4,75 mm), composta por cinco aberturas diferentes [19].

A massa especifica aparente foi obtida dela NBR NM 45:2006. Usou-se um caixote metálico de paredes rígidas, volume e massa conhecida. Preencheu-se o recipiente e ao pesar o conjunto subtrai-se a

massa do caixote e obteve a massa da amostra para aquele volume conhecido. O volume do recipiente usado, levou em consideração a importância do espaço amostral para resultados confiáveis [20].

O Índice de Forma foi calculado segundo ABNT NBR 7809:1983. Esta caracterização quantifica o quanto anguloso o agregado graúdo (não passantes na 9,5 mm) é, a média de todas as razões 'c' por 'e' (maior e menor, respectivamente, dimensão possível entre dois planos imaginários paralelos entre si) de todo fração granulométrica que o compõe a amostra. A subamostra foi composta por 200 unidades de grãos e foram escolhidas entre as quantidades retidas em cada peneira sendo descartadas da amostra as porcentagens em massa passantes na 9,5 mm e inferiores ou iguais a 5 % da massa da amostra total do peneiramento [21].

$$NI = \frac{200}{F1+F2+F3+\dots+FN+FI} * FI \quad (1)$$

Onde;

NI = números de grãos da fração I para compor a amostra (200)

200 = números de grãos necessários para o ensaio

FI = porcentagem em massa retida individualmente correspondente a fração I

F1 + F2 + F3 + ... + FN + FI = soma das porcentagens em massa retidas individuais das frações obtidas.

8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1. estão expressos os valores da análise granulométrica do agregado alternativo, endocorpo da cajarana.

Tabela 1. Análise granulométrica - endocorpo de cajarana. (Autoria própria)

Abertura das Peneiras (mm)	Massa retida (%)		Variação do retido (%)	Medidas das massas retidas (%)	Massa retida acumulada (%)
	Ensaio Nº 1	Ensaio Nº 2			
75,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
63,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
37,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11,50	99,86	99,90	0,04	99,88	99,88
9,50	0,02	0,02	0,00	0,02	99,90
6,30	-	-	-	-	-
4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	99,90
2,36	-	-	-	-	-
Fundo	0,10	0,10	0,00		
Dimensão máxima características (D. máx.)					19,00 mm
Modulo de finura					3,00

Com base na análise granulométrica Tabela 1, conclui-se que o caroço de cajarana possui modulo de finura igual a 3 e dimensão máxima característica de 19 mm. Esse agregado não se encaixa em nenhuma classificação de agregado comum proposta pela ABNT NBR 7211: 2005, porem se assemelha a Brita Nº 1 [22].

A massa especifica aparente e índice de forma são revelados na Tabela 2.

Tabela 2: Massa especifica aparente e Índice de forma.

Amostra	Massa especifica aparente (kg/m ³)
1	320
2	320
Média	320
Índice de forma	1,40

Com base nos resultados mostrados, a massa especifica unitária encontra-se na faixa entre 300 kg/m³ e 650 kg/m³, correspondente às argilas expandidas produzidas em forno rotativo [23]. Esse é um forte indicio da possibilidade do concreto alternativo, produzido com caroço de cajarana como agregado graúdo, ser do tipo leve ou possivelmente estrutural leve.

Segundo ABNT NBR 7211:2009 o índice de forma limite para uso em concretos é 3 [22], o baixo valor, igual a 1,40, indica a semelhança entre espessura e comprimento dos grãos, o assemelhando a uma esfera (característica desejável para trabalhabilidade do concreto).

9. CONCLUSÃO

O caroço de cajarana estudado apresenta dimensão máxima característica de 19 mm, índice de forma de 1,40 e massa unitária igual a 320 kg/m³, grandeza entre as margens da argila expandida que variam entre 300 g/m³ e 650 kg/m³.

Verifica-se grande semelhança física do caroço de cajarana com a argila expandida de fornos rotativos, usada como agregados leves estruturais. Conclui-se que o caroço de cajarana é uma alternativa ecológica de agregado graúdo, atendendo as principais vantagens físicas oferecida pela argila expandida e mais pela característica sustentável de usar matéria provinda de rejeito sem gasto energético para produzir agregado leve de concreto.

10. REFERENCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655 – 2006: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento.** p.2, 3.
- [2] PEDROSO, Fábio Luiz. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Revista Concreto & Construções – Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON)**, São Paulo, v.1, n.53, p. 14, Jan. - Mar. 2009.
- [3] ROSSIGNOLO, João Adriano. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações.** São Paulo. Pini, 2009. p. 15,34, 19, 20, 22, 23, 91, 28, 61.
- [4] FONSECA, Gustavo Celso da. **Adições Minerais E As Disposições Normativas Relativas À Produção De Concreto No Brasil: Uma Abordagem Epistêmica.** Dissertação (Mestrado em Materiais de Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG), Campos Belo Horizonte - MG, 2010. p. 20.
- [5] MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. *Concrete: microstructure, properties and materials.* 3° ed., United States of America. McGraw-Hill, 2006. p. 3, 254.
- [6] ITAIPU BINACIONAL: Perguntas frequentes. Disponível em: < <https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/perguntas-frequentes>>. Acesso no dia 17 de março de 2019.
- [7] CINEXPAN: ARGILA EXPANDIDA. Ficha Técnica da argila expandida 2215. Disponível em: <<http://www.cinexpan.com.br/argila-expandida-2215-cinexpan.html>>. Acesso no dia 17 de março de 2019.
- [8] SOUZA, Paulo Alysson Brilhante Faheina De. **Estudo do comportamento plástico, mecânico, microestrutural e térmico do concreto produzido com resíduo de porcelanato.** Tese (Doutor Em Ciência e Engenharia De Materiais). Universidade Federal Do Rio Grande do Norte (UFRN), Campos Natal – RN. 2007. p. 10.
- [9] SCOBAR, Renan Luna. **Concreto Leve Estrutural: Substituição Do Agregado Graúdo Convencional Por Argila Expandida.** Monografia (Curso de engenharia civil). Universidade Tecnológica Federal Do Paraná (UTFPR), Campos Mourão – PR. 2016. p. 19.
- [10] ANGELIN, Andressa Fernanda. **Concreto leve estrutural: Desempenhos físicos, térmicos, mecânicos e microestruturais.** Dissertação (Mestre em Tecnologia e Inovação.). Universidade Estadual De Campinas (UNICAMP), Campos Limeira – SP. 2014. p. 7, 10.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953– 2015: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento.** 2014. p.2.
- [12] LIMA, Francisco Jordão Nunes De. **Estudo Comparativo Da Penetração De Íons Cloreto Em Concretos Convencionais E Leves De Resistências Semelhantes Expostos Em Ambiente Marinho.** Monografia (Curso de engenharia civil). Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Campos Mossoró – RN. 2016. p. 20.
- [13] ROSSIGNOLO, João Adriano. **Concreto Leve De Alto Desempenho Modificado Com Sb Para Pré-Fabricados Esbeltos – Dosagem, Produção, Propriedades E Microestrutura.** Monografia (Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais.). Universidade de São Paulo (USP), Campos São Carlos – SP. 2003. p. 30.
- [14] SANTOS, Laurenice Araujo Dos. **Caracterização De Frutos E Molecular De Umbu-Cajazeiras (Spondias Sp.) No Semiárido Da Bahia.** Monografia (Curso de engenharia Agrônoma). Universidade Federal Do Recôncavo Da Bahia (UFRB), Campos Cruz das Almas – BH. 2010. p. 1, 3.
- [15] NASCENTE, Adriano Stephan; NETO, Calixto Rosa. O agronegócio da fruticultura na Amazônia: um estudo exploratório. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)**, Rondônia - RO, v.1, n.96, Out. 2005, p. 10.
- [16] COSTA, D. O. da; CARDOSO, G. R.; SILVA, G. M. V. da. A Evolução Do Setor Produtivo E Comercialização De Polpa De Fruta No Brejo Paraibano: Estudo De Caso Na Coaprodes. In: 33° **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Salvador - BH. Anais...: A Gestão Dos Processos De Produção E As Parcerias Globais Para O Desenvolvimento Sustentável Dos Sistemas Produtivos, Out. - 2013. p. 3.

- [17] SOUZA, Francisco Xavier de. Spondias Agroindustriais E Os Seus Métodos De Propagação (Frutos tropicais: cajá, ciriguela, cajarana, umbu, umbu-cajá e umbuguela). **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)**, Fortaleza - CE, v.1, n.27, p. 10, Jan. - Dez. 1998.
- [18] MATTA, V. M. da; JUNIOR, M. F; CABRAL, L. M. C.; FURTADO, A. A. L. Polpa de Fruta Congelada. **Coleção: Agroindústria Familiar**, Brasília - DF, v.1, p. 11, 2005.
- [19] NORMA MERCOSUL. **NBR NM 248 – 2003: Agregados - Determinação da composição granulométrica.**
- [20] NORMA MERCOSUL. **NBR NM 45 – 2006: Agregados Determinação da massa unitária e do volume de vazios.**
- [21] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7809 – 1983: Agregado Graúdo: Determinação do índice de Forma Pelo Método do Paquímetro.**
- [22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211 – 2009: Agregados para concreto - Especificação.** p. 3, 8.
- [23] MORAVIA, W. G.; OLIVEIRA, C. A. S.; GUMIERI, A. G.; VASCONCELOS, W. L. Caracterização microestrutural da argila expandida para aplicação como agregado em concreto estrutural leve. **Revista Cerâmica**, Belo Horizonte - MG, v.1, n.52, 2006. p. 4.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 09:00 horas do dia vinte e dois de março de dois mil e dezenove, no hall da Central de Aulas V do CCEN – Centro de Ciências Exatas e Naturais da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **ITALO MAX DE SOUSA JALES**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula **2015021017**, com o título **"ENDOCORPO DA CAJARANA (*spondias sp.*) COMO ALTERNATIVA PARA AGREGADO GRAÚDO DE CONCRETO LEVE"**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Profa. Dra. MARILIA PEREIRA DE OLIVEIRA, presidente da banca e orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso; Profa. Dra. MARINEIDE JUSSARA DINIZ e Prof. Me. ALISSON GADELHA DE MEDEIROS, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: **8,0; 9,0; 8,5**. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com média geral **8,5**. E para constar, eu, MARILIA PEREIRA DE OLIVEIRA, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 22 de março de 2019.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Profa. Dra. MARILIA PEREIRA DE OLIVEIRA – UFERSA
Presidente e orientadora

Profa. Dra. MARINEIDE JUSSARA DINIZ – UFERSA
Primeiro Membro

Prof. Me. ALISSON GADELHA DE MEDEIROS – UFERSA
Segundo Membro