

## CONCRETOS PRODUZIDOS COM AGREGADOS DA REGIÃO AMAZÔNICA – TERRA SANTA – PA BRASIL

Sebastião Anastácio Gomes Neto (Laboratório de Engenharia Civil – (LEC/PPCS/UFPA))

E-mail: [srsebastiaogomesneto@yahoo.com.br](mailto:srsebastiaogomesneto@yahoo.com.br)

Marcelo de Souza Picanço (Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia (UFPA))

E-mail: [marcelosp@ufpa.br](mailto:marcelosp@ufpa.br)

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma solução para produção de concretos estruturais para a Região do Baixo Amazonas, especificamente em Terra Santa – Pará, com os materiais disponíveis na região, isto é, areia fina e areia grossa, visto que, geologicamente na região não existe disponibilidade de jazidas de brita ou seixo. Foram realizados estudos teóricos e experimentais de dosagens de concreto. Analisou-se as características dos concretos em estado fresco e endurecido, com ênfase na trabalhabilidade e na resistência à compressão. Com a obtenção dos resultados, elaborou-se diagramas de dosagem, e foram verificadas as correlações entre as propriedades mecânicas dos concretos e as variáveis que influenciaram esses parâmetros. Constatou-se que os traços dos concretos pobre e normal, não obtiveram trabalhabilidade satisfatória para utilização em obras comuns, e baixa resistência a compressão; não caracterizando-se como estruturais de acordo com o preconiza a NBR 6118 (ABNT, 2014). Detectou-se, ainda, que o traço rico adequou-se tanto na trabalhabilidade quanto na resistência característica a compressão com a relação água/cimento (a/c) de 57%, apesar de não ser o mais viável economicamente, entre os demais traços, ainda assim é mais viável que o traço com agregado graúdo oriundo de outra região. No que tange ao módulo de elasticidade, observou-se que, o traço rico foi o que apresentou maior módulo de elasticidade, seguido do traço normal e pobre. Logo, conclui-se que o traço rico foi o mais adequado, no que tange a trabalhabilidade, resistência à compressão, o módulo de elasticidade e custo se comparado ao traço com agregado graúdo.

**Palavras-chave:** Dosagem, Concreto, Agregados, Amazônia.

## CONCRETES PRODUCED WITH AGREGADS OF THE AMAZON REGION - TERRA SANTA - PA BRAZIL

**Abstract:** For the execution of any work in which there is a need for concrete production, the aggregates available in the region surrounding this work are always used. In the Amazon, it is no different, specifically in the city of Terra Santa, located in the Lower Amazon region of the state of Pará. Geologically there is no availability of coarse aggregate, only fine aggregate, ie fine sand and coarse sand, just a small The coarse grit size range fits the normative parameters of coarse aggregate. Therefore, theoretical and experimental studies of concrete dosages were performed. The characteristics of fresh and hardened concrete were analyzed, with emphasis on workability and characteristic compressive strength. After obtaining the results, dosing diagrams were elaborated and the correlations between the mechanical properties of the concrete and the variables that influenced these parameters were verified. It was found that the traces of poor and normal concretes did not obtain satisfactory workability for use in common works, and low compressive strength, not characterizing as structural according to the NBR 6118 (ABNT, 2014). It was also found that the rich trait was suitable for both workability and resistance with a water / cement ratio (a / c) of 57%, although not the most economically viable. more viable than the large aggregate trait from another region. Regarding the modulus of elasticity, it was observed that the rich trait presented the largest modulus of elasticity, followed by the normal and poor trait. Therefore, it was concluded that the rich trait was the most appropriate, in terms of workability, compressive strength, elastic modulus and cost compared to the coarse aggregate trait.

**Keywords:** Dosage, Concrete, Aggregates, Amazon.

## **1 Introdução**

Nas civilizações primitivas, o homem empregava os materiais como os encontrava na natureza, não os trabalhava. Na construção predominavam a pedra, a madeira e o barro. Tornava-se necessário um material de confecção e moldagem fáceis, que fosse trabalhável como o barro e resistente como a pedra. Surgiu-se daí o concreto. Que é uma mistura simples de cimento, areia, pedra e água; cujo, cimento é o aglomerante, permitindo que a areia e a pedra, que são agregados, sejam ligados e que após seco torna-se sólido. O seu uso data dos tempos mais remotos, tem sido empregado pelos egípcios e assírios e recebem entre os romanos um impulso extraordinário.

O propósito deste trabalho é desenvolver dosagem para concreto estrutural utilizando materiais disponíveis na região do Baixo Amazonas em Terra Santa – Pará.

Estritamente buscou-se:

- Caracterizar os agregados disponíveis na região do Baixo Amazonas, na cidade de Terra Santa, no estado do Pará para dosagem de concreto estrutural;
- Realizar estudo de dosagem tanto teórico quanto experimental, para alcançar a dosagem que melhor atenda as características de trabalhabilidade e resistência à compressão;
- Avaliar as características trabalhabilidade do concreto no estado fresco, para que atenda as obras comuns;
- Analisar a trabalhabilidade do concreto no estado endurecido, verificando a resistência à compressão, para que o concreto tenha resistência suficiente sendo caracterizado como concreto estrutural;
- Avaliar o custo de cada dosagem de concreto elaborada.

A motivação, isto é, a causa que justificou a elaboração deste trabalho. Foi o fato da região do Baixo Amazonas, especificamente na cidade de Terra Santa – Pará, não possuir jazidas de materiais que poderiam ser utilizados como agregado graúdo na composição do concreto.

Conforme mapa geológico, existe a formação de sedimentos relativos a aluviões atuais e sedimentos argilosos, arenosos e cascalhos.

O cascalho também chamado de pedregulho é um sedimento fluvial de rocha ígnea, inconsolidado, formado de grãos de diâmetro geral superior a 5mm, os grãos são de forma arredondada devido à atrição causada pela movimentação da água dos rios ou do mar, razão pela qual também serem os grãos também denominados seixos rolados. Os concretos que tem o cascalho como agregado graúdo apresentam, em igualdade de condições de traço, maior trabalhabilidade do que os preparados com brita.

Todavia não existe a disponibilidade de agregado graúdo, apenas areia fina e areia grossa. Logo, como não é possível dispor-se no local da obra de agregados ideias quanto a forma e a textura, e que também não apresentem reatividade com os compostos hidratados da pasta de cimento. A característica desses agregados influirão na quantidade mínima de água para a obtenção da trabalhabilidade desejada.

Em geral, é sempre preferível e mais econômico utilizar agregados graúdos de maior dimensão possível, isso para concretos com resistência característica à compressão com  $F_{ck} \leq 30$  MPa. Isso também pode não ser mais econômico em locais onde haja dificuldades de

obtenção de agregados graúdos, como por exemplo, em grande parte da Amazônia. Neste caso pode ser conveniente aumentar a proporção de areia e cimento a fim de obter assim o concreto mais econômico.

## 2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do trabalho seguiu-se o fluxograma da (figura 1):

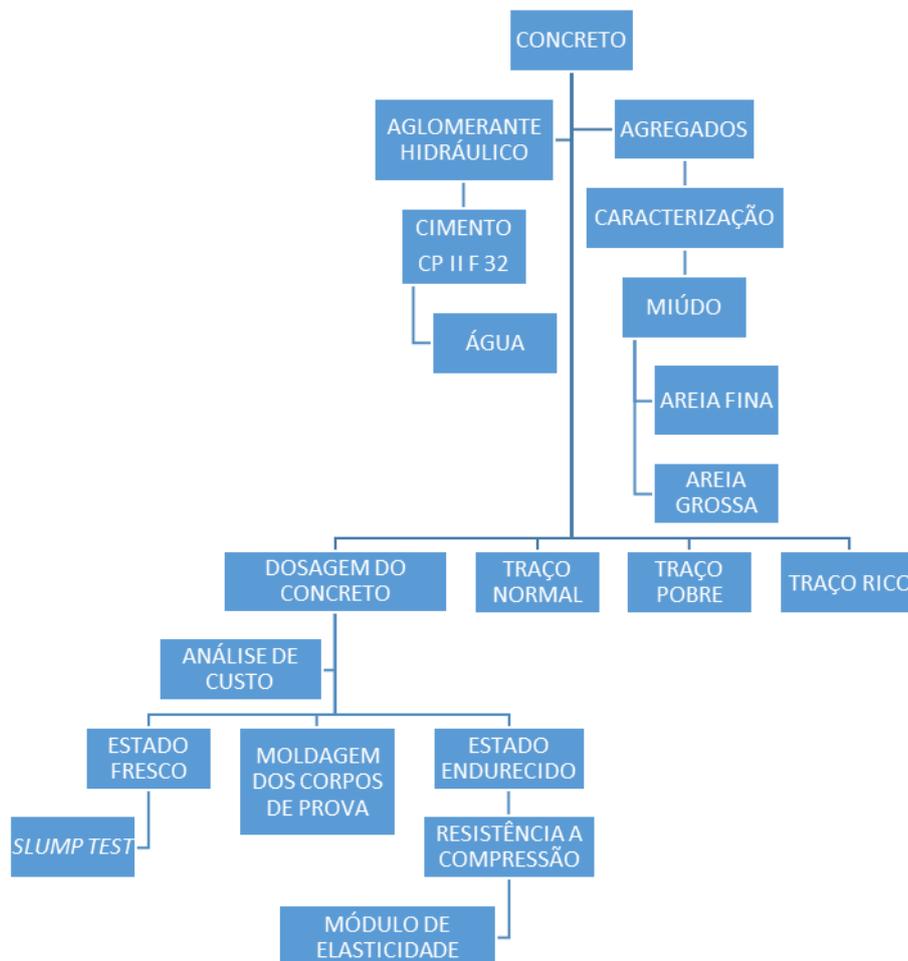


Figura 1: Fluxograma do desenvolvimento da dosagem do concreto.

Inicialmente, na primeira etapa, objetivando conhecer os agregados, foram realizadas as caracterizações deles em laboratório. No caso dos agregados miúdos foram analisados a granulometria, conforme NBR NM 248 (ABNT,2009), item importante para a compacidade e resistência, bem como o módulo de finura, para obter-se a consistência devida, caso esteja fora das curvas ou parâmetros podem requerer ajustes nos traços.

Massa unitária, utilizada para conversão dos traços de massa para volume. Massa específica, isto é, o volume dos grãos dos agregados. Coeficiente de inchamento, que é o aumento de volume do agregado devido à absorção de água, extremamente necessário, para correção dos traços tanto em massa quanto em volume, principalmente pelo elevado índice pluviométrico da região amazônica, com média anual de 2358 mm de chuva, onde está localizado o município de Terra Santa-Pará.

Posteriormente, na segunda etapa, foi elaborada a dosagem experimental, do concreto com

traço normal (1:5), e em seguida os traços pobre (1:6,5) e rico (1:3,5). Foram analisadas as características do concreto no estado fresco, através do *slump test*, e moldados corpos de prova cilíndricos para o estudo das características do concreto no estado endurecido, verificando resistência a compressão e módulo de elasticidade estático.

Por fim, foram analisados os custos dos materiais para a produção de cada dosagem proposta. Foram utilizados: série de peneiras granulométricas, bandeja, balança e pincel, balança de precisão, recipiente cilíndrico, estufa, prensa EMIC, prensa Solotest, proveta graduada, betoneira 420 litros, moldes para corpo de prova, conjunto *slump test* (haste, molde, trena, placa metálica de base, concha) e colher de pedreiro.

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Curva granulométrica da areia grossa

Na análise granulométrica a areia grossa, encontra-se fora da zona utilizável; isso devido ao processo de peneiramento ao qual foi submetida ainda durante a extração.

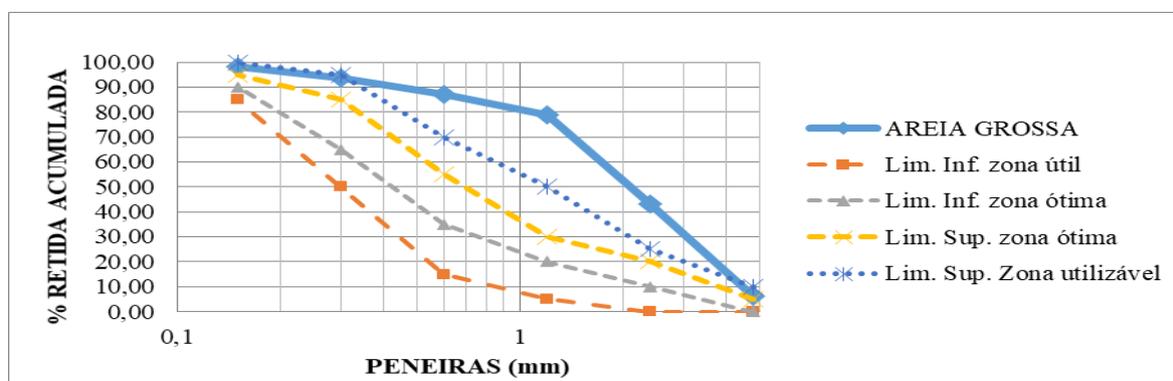


Figura 2: Curva granulométrica da areia grossa

#### 3.2 Curva granulométrica da Areia fina

Na análise granulométrica da areia fina, constata-se que ela enquadra-se dentro da zona utilizável.

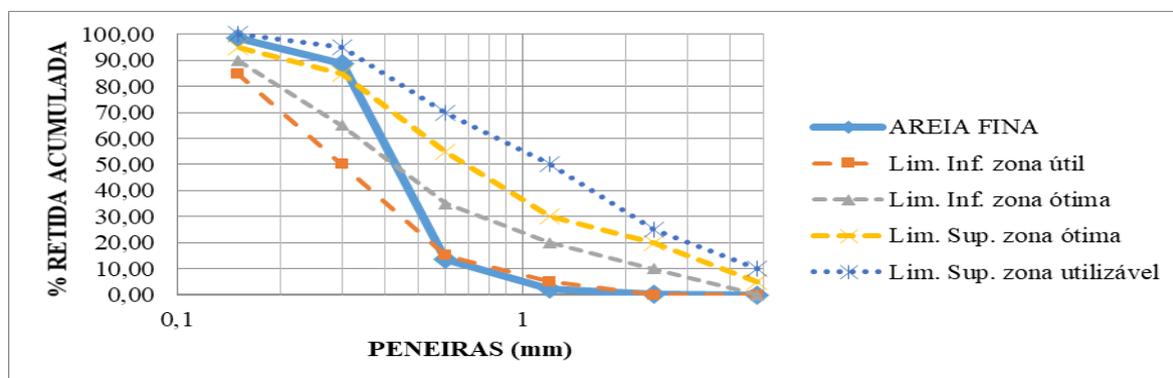


Figura 3: Curva granulométrica da areia fina

### 3.3 Granulometria da areia in natura

A areia *in natura*, isto é, como ela é encontrada na jazida antes de ser submetida ao processo de peneiramento; possui as duas granulometrias juntas, areia fina e areia grossa, que também encontra-se dentro da zona utilizável conforme análise granulométrica da figura 4.

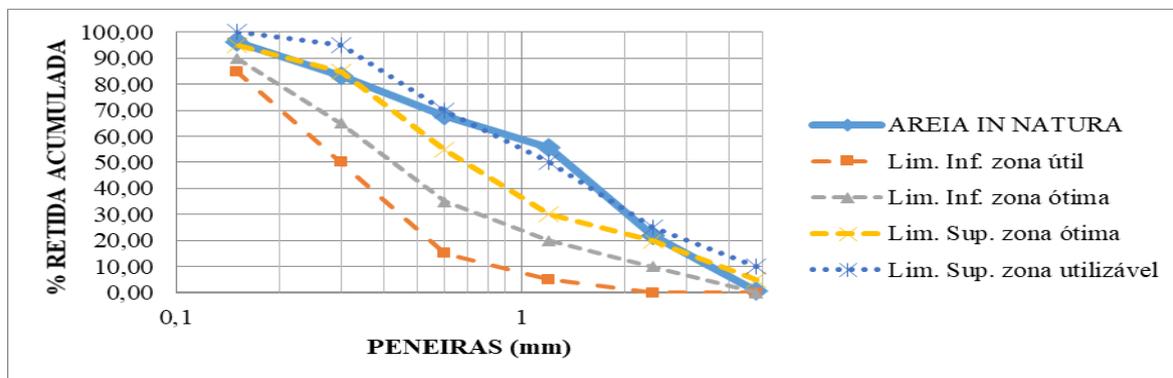


Figura 4: Curva granulométrica da areia *in natura*

Segue na tabela 1 o resumo de todas as características analisadas dos agregados miúdos, areia grossa, fina e *in natura*.

Tabela 1 - Características dos agregados miúdos analisados.

Abertura das Peneiras (mm)	Quantidade Retida e acumulada (%)		
	Areia Fina	Areia Grossa	Areia <i>in natura</i>
31,5	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00
9,5	0,00	0,00	0,00
4,75	0,00	6,30	0,70
2,36	0,22	42,95	22,00
1,18	2,21	78,75	55,62
0,6	13,55	87,11	67,71
0,3	88,75	93,66	83,44
0,15	98,57	98,22	96,35
0,075	99,61	98,94	98,71
Fundo (< # 0,075)	100,00	100,00	100,00
Módulo de Finura	3,03	5,06	4,25
Dimensão máxima	2,36 mm	4,75 mm	2,36 mm
Massa unitária	1,544 kg/dm <sup>3</sup>	1,618 kg/dm <sup>3</sup>	1,766 kg/dm <sup>3</sup>
Massa Específica	2,591 kg/dm <sup>3</sup>	2,632 kg/dm <sup>3</sup>	2,717 kg/dm <sup>3</sup>
Coefficiente de Inchamento	40%	-	-

Fonte: Autor (2019)

### 3.4 Abatimento de tronco de cone

Nas figuras 5, 6 e 7 observa-se os respectivos abatimentos de tronco de cone e a relação água/cimento (a/c) de cada traço estudado. Os traços experimentais normal e pobre, inicialmente não obtiveram trabalhabilidade. Objetivando aumentar a trabalhabilidade ambos tiveram aumentada a quantidade de água até chegar-se as relações de água/cimento de 80% e 81% respectivamente. Já o traço rico inicialmente foi dimensionada uma relação água/cimento de 64%. Contudo, o traço inicial foi reduzida a relação água/cimento (a/c) para 57%, mesmo com a redução alcançou-se o abatimento necessário.



Figura 5: *Slump test* traço normal com relação a/c 64% e 80%.



Figura 6: *Slump test* traço pobre com relação a/c 64% e 81%.



Figura 7: *Slump test* traço rico com relação a/c 57%.

Segue na figura 8 a correlação do abatimento de tronco de cone e a relação água cimento de cada traço. Os traços experimentais normal e pobre, inicialmente não obtiveram nenhuma trabalhabilidade. Objetivando aumentar a trabalhabilidade de ambos foi aumentada a quantidade de água de cada dosagem até chegar-se as relações de água/cimento de 80 e 81% respectivamente. Já o traço rico inicialmente foi dimensionada uma relação água/cimento de 64%. Contudo, o traço inicial foi feito com uma quantidade menor de água do que a calculada no traço teórico e ainda assim conseguiu-se a trabalhabilidade requerida para obras comuns, isto é, entre 100 a 160 mm de abatimento.

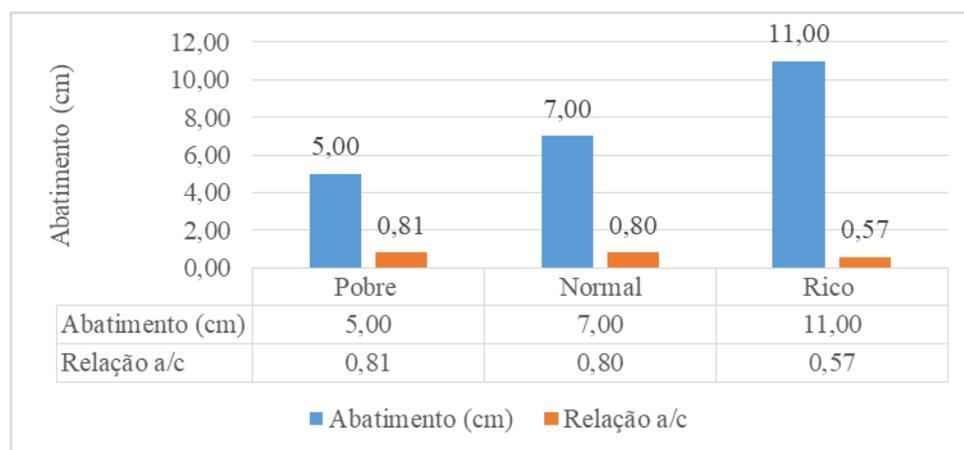


Figura 8: Slump test x Relação a/c.

### 3.5 Resistência característica à compressão

Os corpos de prova foram moldados e rompidos nas idades de 3, 7 e 28 dias. O único traço que alcançou a resistência característica à compressão superior a 25 MPa foi o traço rico, conforme a figura 9.

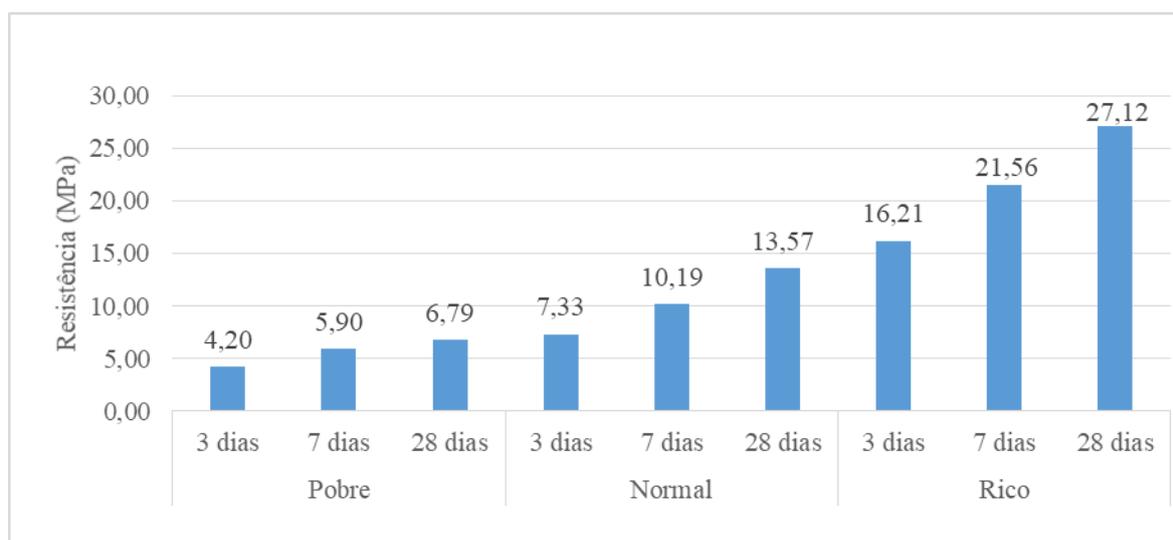


Figura 9: Rompimento dos corpos de prova (CP's).

### 3.6 Módulo de elasticidade

Em relação ao módulo de elasticidade o traço rico também foi o que obteve a maior elasticidade, conforme a figura 10.

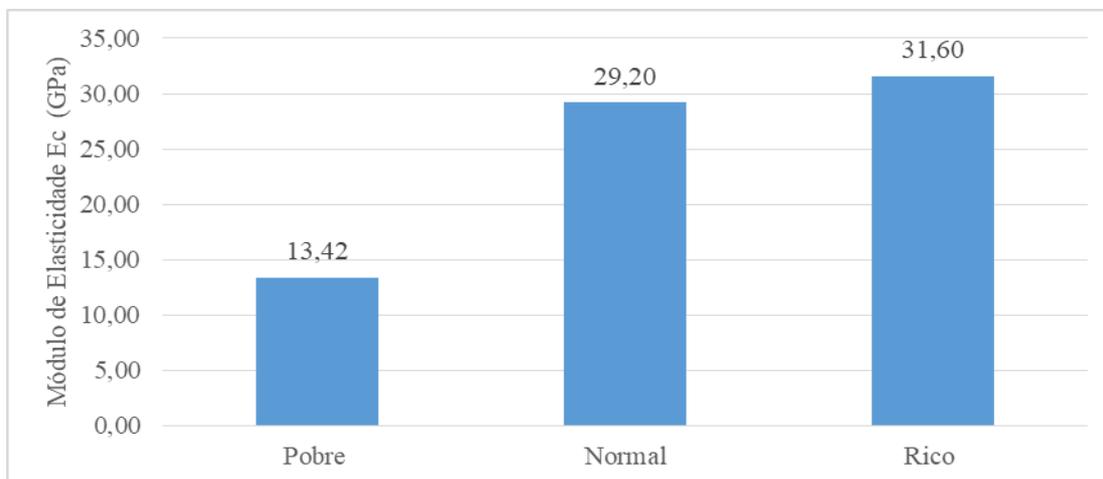


Figura 10: Módulo de Elasticidade dos traços normal, pobre e rico.

### 3.7 Análises de custo

No que tange os custos de produção do concreto, verificou-se que o traço rico ainda consegue ser mais viável que o traço dosado com agregado graúdo oriundo de outra região, conforme as tabelas 4 e 5.

Tabela 2 - Custo para produzir 1 m<sup>3</sup> de concreto traço normal (materiais).

Traço Normal							
Materiais	Traço em volume	Traço em massa (kg)	Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> ) e coeficiente médio de inchamento	Traço em volume (m <sup>3</sup> )	Custo unitário dos materiais		Custo para a produção de 1 m <sup>3</sup> de concreto
					por kg	por m <sup>3</sup>	
Cimento	1	328,21			R\$ 0,62		R\$ 203,49
Areia fina	2,3	754,88	1544	0,49		R\$ 14,67	R\$ 14,67
Areia grossa	2,7	886,16	1618	0,55		R\$ 54,77	R\$ 54,77
Água	0,80	262,57	1000	0,26		R\$ 0,81	R\$ 0,81
					<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$</b>	<b>273,73</b>

Fonte: Autor (2019)

Tabela 3 - Custo para produzir 1 m<sup>3</sup> de concreto traço pobre (materiais).

Traço Pobre							
Materiais	Traço em volume	Traço em massa (kg)	Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> ) e coeficiente médio de inchamento	Traço em volume (m <sup>3</sup> )	Custo unitário dos materiais		Custo para a produção de 1 m <sup>3</sup> de concreto
					por kg	por m <sup>3</sup>	
Cimento	1	275,35			R\$ 0,62	R\$ 241,18	R\$ 170,72
Areia fina	3,13	861,84	1544	0,56		R\$ 16,75	R\$ 16,75
Areia grossa	3,37	927,93	1618	0,57		R\$ 57,35	R\$ 57,35
Água	0,81	223,03	1000	0,22		R\$ 0,69	R\$ 0,69

<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 245,50</b>
--------------------	-------------------

Fonte: Autor (2019)

Tabela 4 - Custo para produzir 1 m<sup>3</sup> de concreto traço rico (materiais).

Traço Rico							
Materiais	Traço em volume	Traço em massa (kg)	Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> ) e coeficiente médio de inchamento	Traço em volume (m <sup>3</sup> )	Custo unitário dos materiais		Custo para a produção de 1 m <sup>3</sup> de concreto
					por kg	por m <sup>3</sup>	
Cimento	1	446,03			R\$ 0,62		R\$ 276,54
Areia fina	1,48	660,12	1544	0,43		R\$ 12,83	R\$ 12,83
Areia grossa	2,02	900,97	1618	0,56		R\$ 55,68	R\$ 55,68
Água	0,57	254,24	1000	0,25		R\$ 0,78	R\$ 0,78

<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 345,83</b>
--------------------	-------------------

Fonte: Autor (2019)

Tabela 5 - Custo para produzir 1 m<sup>3</sup> de concreto com brita (materiais).

Traço dosado para resistência 25 MPa com idade de 28 dias

Materiais	Traço em massa (kg)	Traço em massa (kg)	Massa unitária (kg/m³) e coeficiente médio de inchamento	Traço em volume (m³)	Custo unitário dos materiais		Custo para a produção de 1 m³ de concreto
					por kg	por m³	
Cimento	1	404			R\$ 0,62		R\$ 250,48
Areia fina	1,8	729,00	1544	0,47		R\$ 14,16	R\$ 14,16
Brita 1	2,52	1020,00	1450	0,70		R\$ 139,28	R\$ 139,28
Água	0,52	210,00	1000	0,21		R\$ 0,65	R\$ 0,65

<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 404,58</b>
--------------------	-------------------

Fonte: Autor (2019)

3.8 Diagrama de dosagem

Na figura 11 encontra-se o diagrama de dosagem elaborado, cujo o traço final é c : af : ag : a/c : 1 : 1,58 : 2,02 : 0,59 e o consumo de cimento foi de 420 kg/m³.

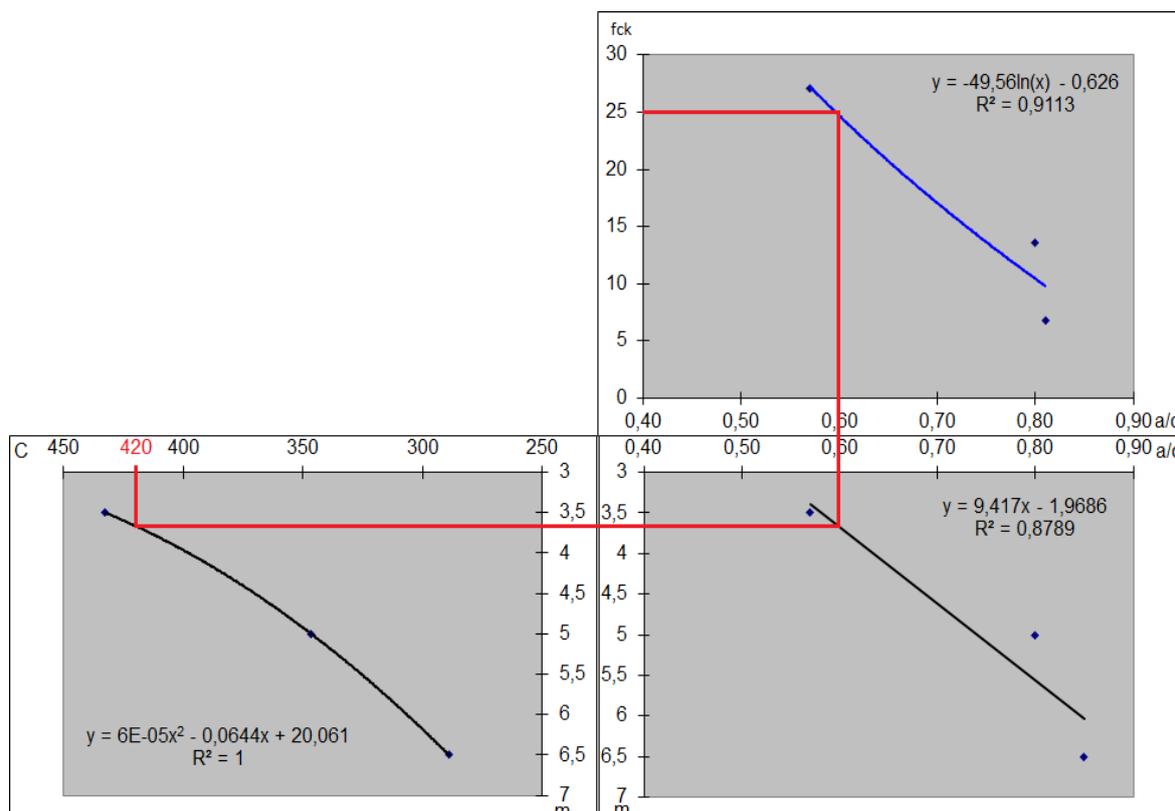


Figura 11: Diagrama de dosagem, modelo de comportamento e traço unitário final

3.9 Equações

$$C = \frac{(1000 - ar)}{\frac{1}{\gamma_c} + \frac{a}{\gamma_a} + \frac{p}{\gamma_p} + \frac{a}{c}} \tag{1}$$

Onde:

C = consumo de cimento por metro cúbico de concreto adensado em kg/m<sup>3</sup>;

$\gamma_c$  = massa específica do cimento em kg/m<sup>3</sup>;

$\gamma_a$  = massa específica do agregado miúdo em kg/m<sup>3</sup>;

$\gamma_p$  = massa específica do agregado graúdo em kg/m<sup>3</sup>;

ar = teor de ar incorporado e/ou aprisionado por metro cúbico, em dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>;

a/c = relação água / cimento;

Para o desenvolvimento dos cálculos de consumo de cimento, o teor de ar incorporado foi desprezado.

Materiais	Traço em volume	Traço em massa (kg)	Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> ) e coeficiente médio de inchamento	Traço em volume (m <sup>3</sup> )	Custo unitário dos materiais		Custo para a produção de 1 m <sup>3</sup> de concreto
					por kg	por m <sup>3</sup>	
Cimento			-	-		-	
Areia fina				(*)	-		
Areia grossa				(*)	-		
Água					-		

Custo total =

Obs.: (\*) Valor obtido através da equação

$$V_a = \frac{P_a}{\delta_a} \times C.I \tag{2}$$

Onde:

V<sub>a</sub> = Volume de areia com umidade crítica;

P<sub>a</sub> = Massa da areia no estado seco;

$\delta_a$  = Densidade da areia no estado seco;

C.I = Coeficiente médio de inchamento da areia;

#### 4 Conclusões

Não foi possível produzir um concreto, devido à ausência de agregado graúdo. O que foi produzido é uma argamassa com resistência estrutural, conforme NBR 6118 (ABNT 2014).

No que tange o custo, apesar de não ter-se alcançado a equalização do traço mais viável economicamente (traço pobre) com as características estabelecidas de trabalhabilidade e resistência à compressão. O traço rico, que adequou-se em ambas as exigências apesar de não ser o traço mais econômico, demonstrou-se ser mais viável do que o traço que utiliza o agregado graúdo oriundo de outra região.

Na caracterização dos materiais a areia *in natura*, demonstra-se ser mais adequada para a confecção de concreto, devido a sua massa unitária ser superior as demais areias fina e grossa, bem como a sua granulometria já existe naturalmente uma proporção de areia fina e grossa misturadas o que contribuiu para a maior massa.

Em relação a trabalhabilidade os traços normal e pobre não obtiveram o abatimento estipulado, superior a 100 mm (cem milímetros) mesmo com o acréscimo da relação água/cimento nas referidas dosagens, que inicialmente foram de 64% chegando à normal 80% e pobre 81%, ambos os traços tiveram os respectivos abatimentos: normal 70 mm (setenta milímetros) e pobre 50 mm (cinquenta milímetros) de abatimento de tronco de cone. O único traço que atendeu a trabalhabilidade alcançando 110 mm (cento e dez milímetros) de abatimento de tronco de cone foi o traço rico, mesmo com a redução da relação água/cimento (a/c), que inicialmente foi calculada também em 64% e foi dosado com 57%.

Já a resistência à compressão o traço pobre obteve o pior resultado com a sua resistência característica à compressão alcançando apenas 6,79 MPa, em seguida o traço normal resistiu à 13,57 MPa. Novamente o único traço que atendeu a resistência a compressão, estabelecida de 25 MPa foi o traço rico, que atingiu aos 28 dias de cura a resistência à compressão de 27,12 MPa.

O módulo de elasticidade também acompanhou os resultados da resistência característica à compressão, com o traço pobre atingindo 13,42 GPa (Giga Pascal), o traço normal e rico ficaram próximos, respectivamente 29,20 e 31,60 GPa.

Conclui-se que o traço rico, foi o mais viável se comparado ao traço que contém o agregado graúdo oriundo de outra região, além também de ser o que demonstrou maior trabalhabilidade entre as dosagens analisadas, assim como alcançou a resistência característica à compressão superior à estabelecida de 25 MPa, atendendo a NBR 6118 (ABNT 2014) e possuindo o maior módulo de elasticidade entre os demais traços.

#### 5 Referências

**BAUER, Luiz Alfredo Falcão.** *Materiais de Construção* 1. 5.ed.rev. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2000. v.1.

**ADÃO, Francisco Xavier; HEMERLY, Adriano Chequetto.** *Concreto Armado: novo milênio: cálculo prático e econômico*. Rio de Janeiro: Engenho Novo, 2002, 205 p.

**PIANCA, João Baptista.** *Manual do Construtor: Materiais de construção*. 20. ed. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1984. v.1.

**Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisa.** *Mapa geológico do Pará. Belém-PA, 2017, [http://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2017/mapas/territorio/ter6\\_mapa\\_geologico\\_do\\_para.png](http://www.fapespa.pa.gov.br/sistemas/anuario2017/mapas/territorio/ter6_mapa_geologico_do_para.png)*

Acessado em julho de 2019.

**HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo.** *Manual de Dosagem e Controle do Concreto*. 1ª. ed. São Paulo: Pini, 1992.