



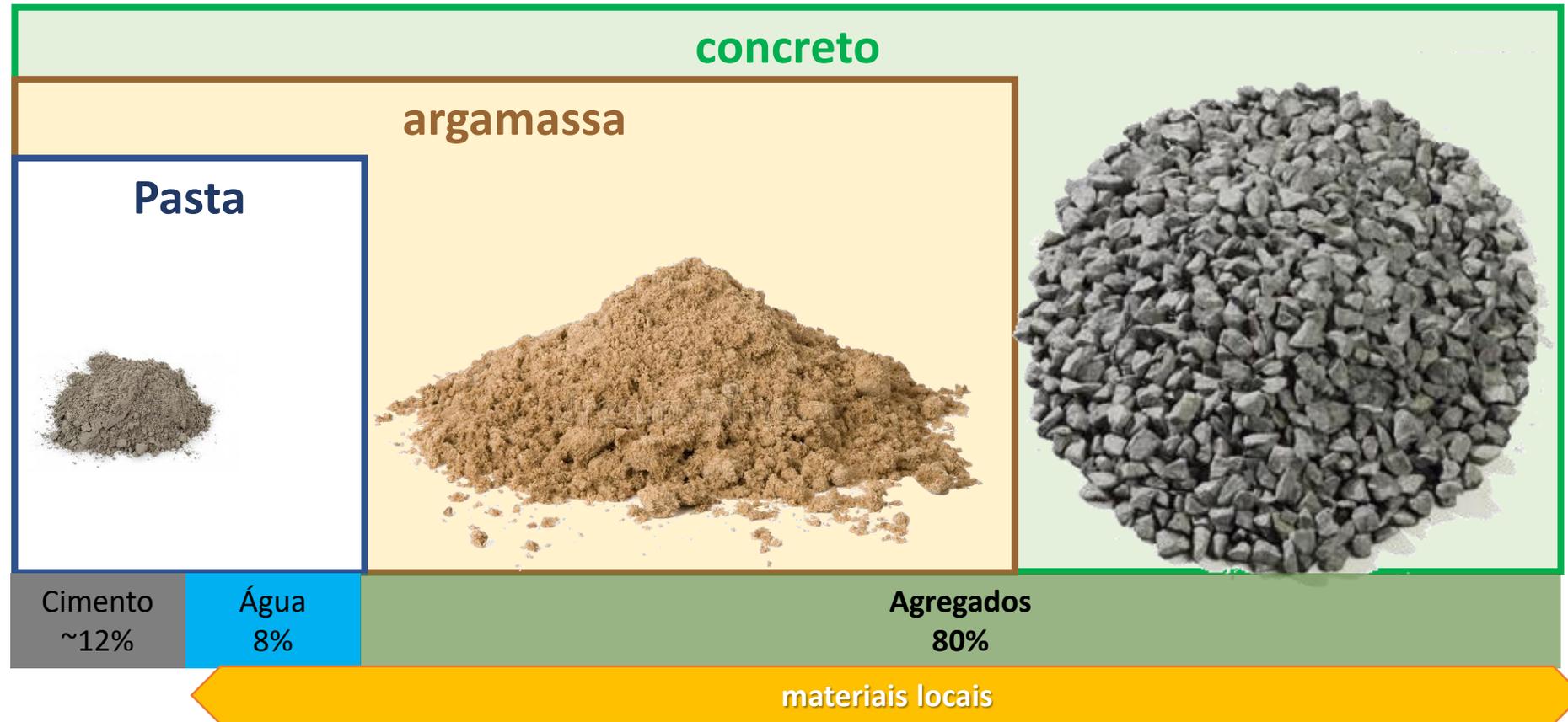
Concreto no estado fresco

PCC 3222
2023

Objetivos da aula

- Entender o conceito de trabalhabilidade e suas técnicas de avaliação
- Compreender quais parâmetros controlam a mobilidade dos concretos.

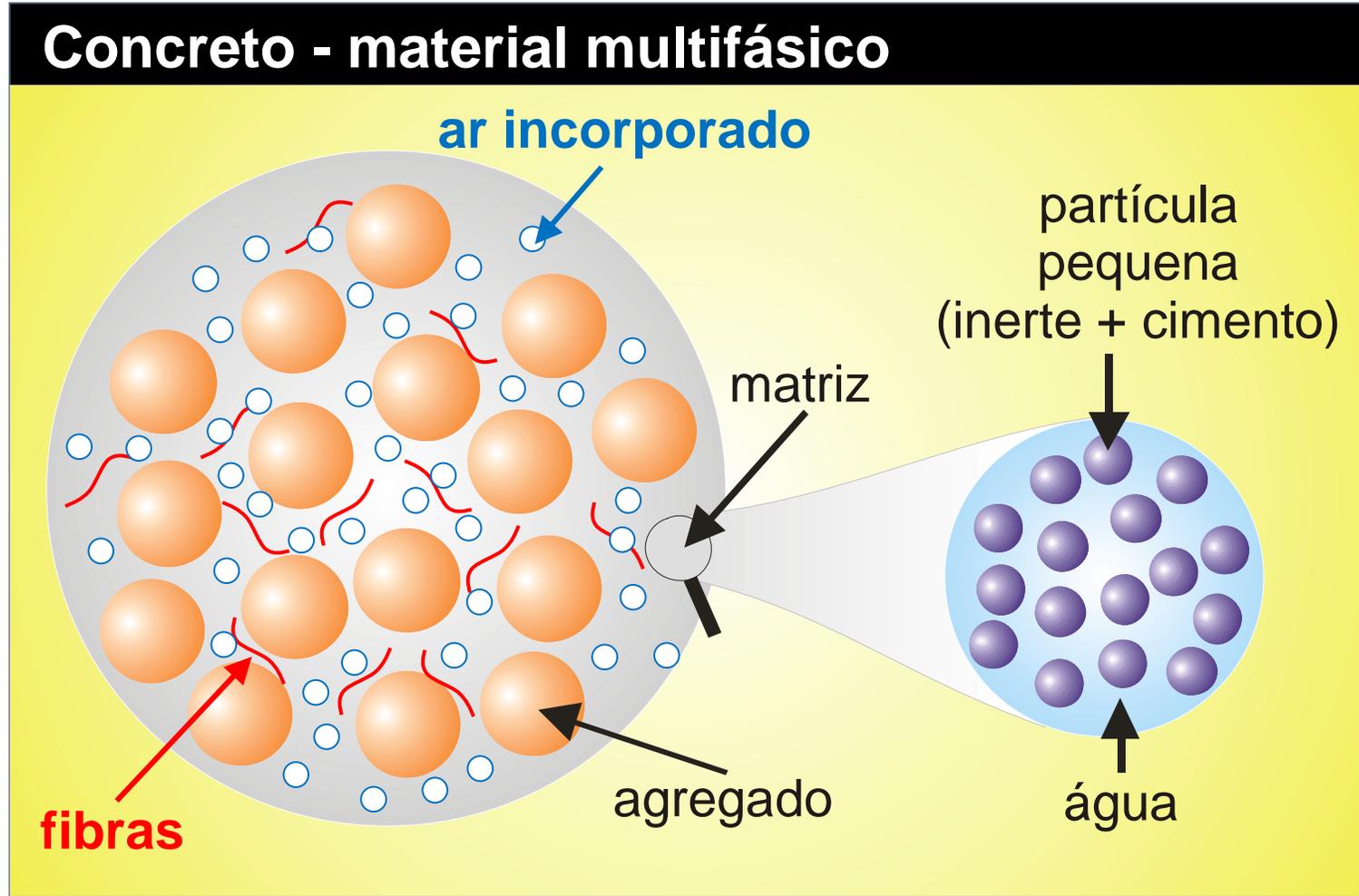
Os materiais cimentícios



Misturar cimento e água forma uma suspensão



Modelo conceitual de Concretos



Suspensão complexa de partículas sólidas em água

Trabalhabilidade

American Concrete Institute (ACI)

- facilidade e homogeneidade do material na mistura, lançamento, adensamento e acabamento

**Cada rota tecnológica tem
requisitos específicos de
“trabalhabilidade”**

“Momentos Reológicos”



Dosagem



Produção

EXEMPLOS



http://shelleypintoduschinsky.files.wordpress.com/2011/12/1____carriole1_400.jpg?w=620

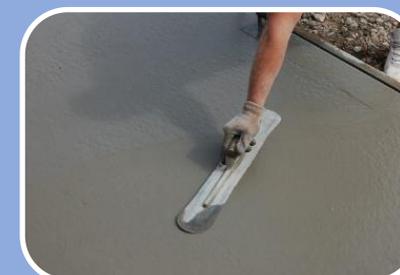
Transporte



Lançamento



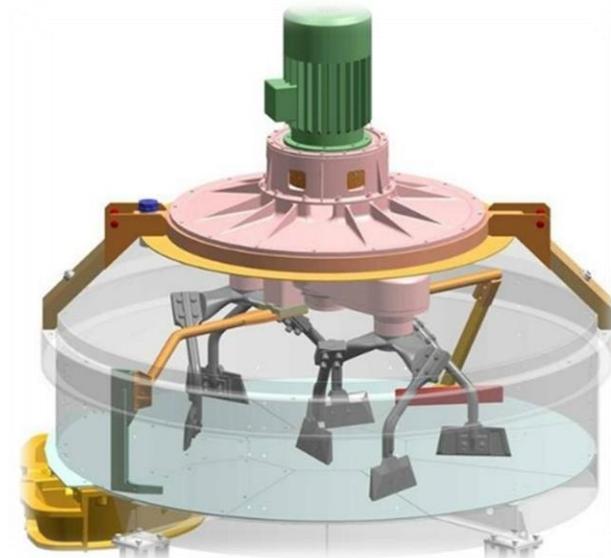
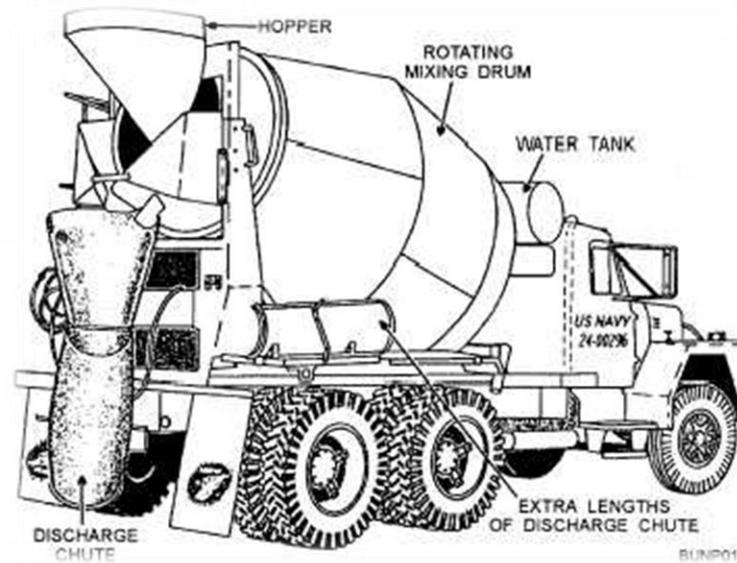
Adensamento



<http://www.icreatables.com/images/external/homeimg/concrete/concrete-trowel-steel.jpg>

Acabamento

Misturadores



Transporte e lançamento manual com girica





http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/50140-8604839.jpg



Bombeamento e lançamento do concreto

<http://verifconcrete.com/wp-content/uploads/end-of-concrete-pump.jpg>

Transporte e lançamento com bomba



Adensamento mecânico - vibração



Autoadensável

Fotos: acervo pessoal de Wellington Repette



Autoadensável



<http://cdnassets.hw.net/0a/83/1c1c62ed40c683acdb7eb32c4f0b/tmp3d83-2etmp-tcm20-138062.jpg>

Concreto projetado



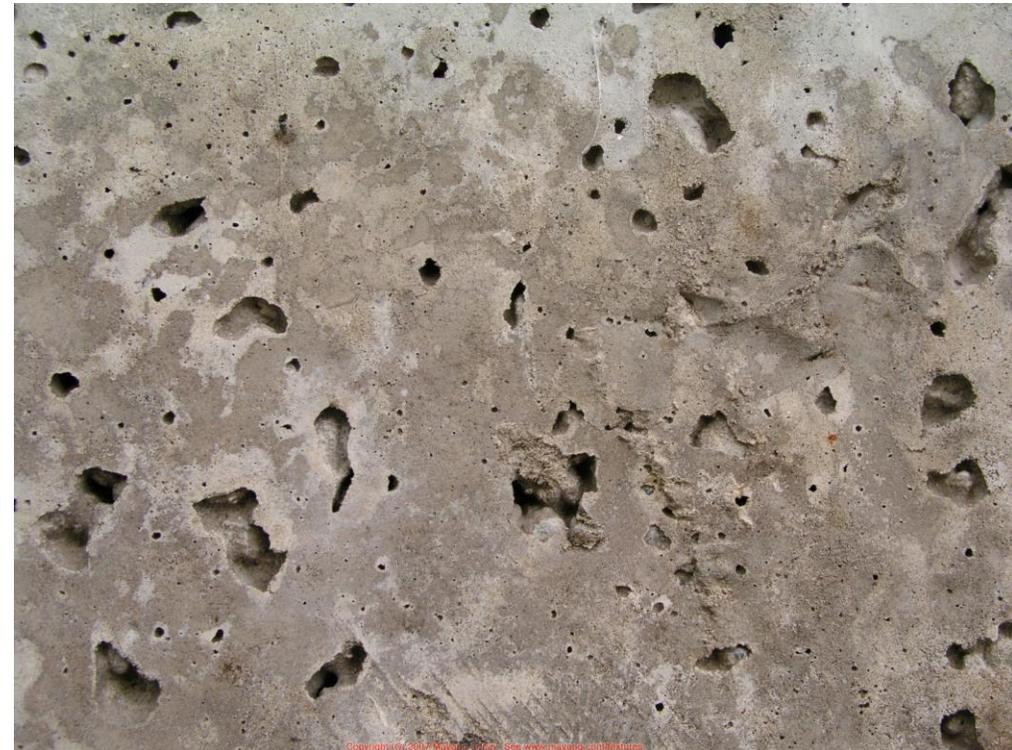
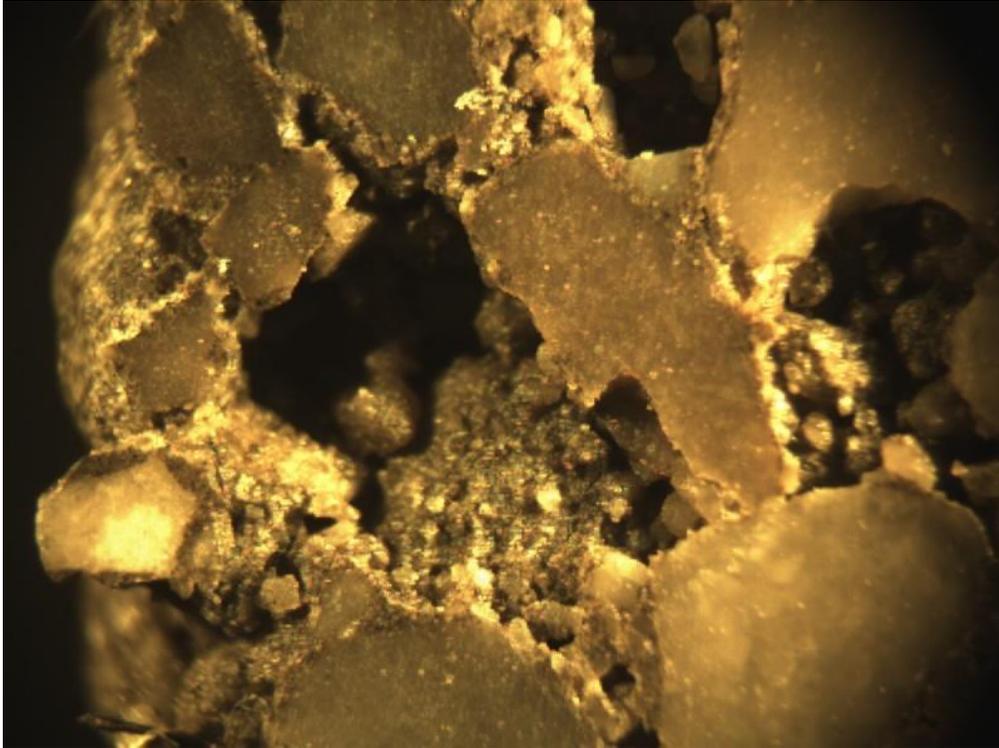
transporte, lançamento,
adensamento mecanizado

Concretos para impressão 3D



<https://www.karamba3d.com/project/buckling-simulation-for-3d-printing-in-fresh-concrete/>

Problemas no estado fresco: defeitos de moldagem



Problemas no estado fresco:

SEGREGAÇÃO

Fluidez elevada da matriz /
perda de homogeneidade na
moldagem / maior densidade
do agregado



**como medir a
trabalhabilidade do
concreto?**

Métodos para avaliar a trabalhabilidade do concreto no estado fresco

Classificação NIST	Ensaio
Fluxo Livre	Abatimento de tronco de cone
	Abatimento Modificado
Fluxo Confinado	Orimet Test
	V-Funnel Test
	Habilidade Enchimento
Vibração	Remoldagem de Powers
Ensaios Monoponto	



Seco



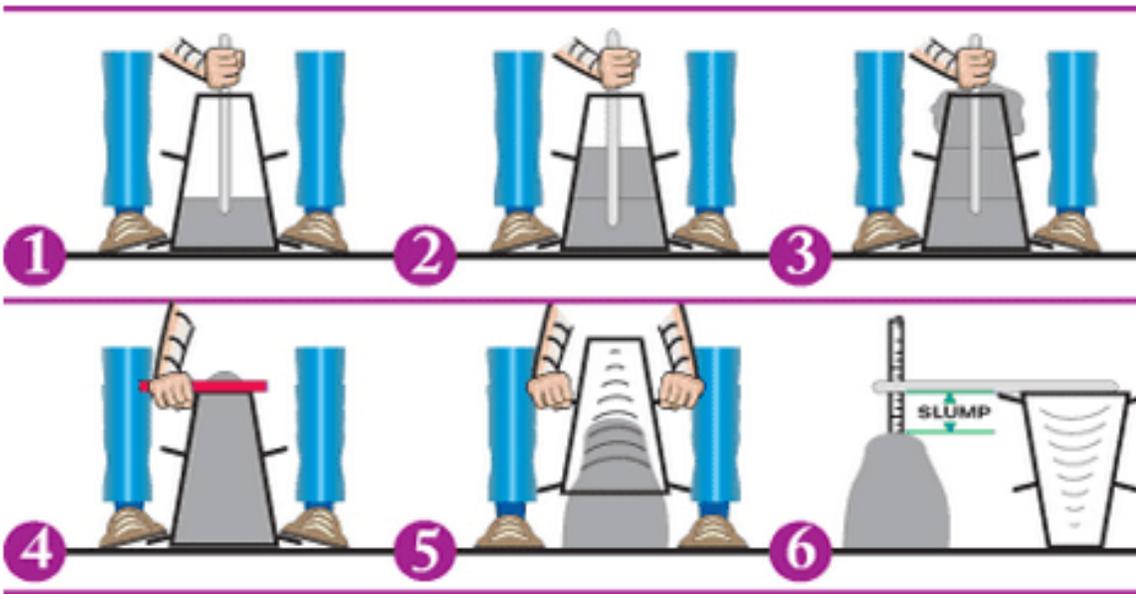
Plástico

ensaio do abatimento no tronco de cone



Fluido

O ensaio de abatimento de tronco de cone



Classe	Abatimento (mm)
--------	-----------------

S 50	$50 \leq A \leq 100$
------	----------------------

S 100	$100 \leq A \leq 160$
-------	-----------------------

S 160	$160 \leq A \leq 220$
-------	-----------------------

S 220	≥ 220
-------	------------

NBR 8953:2015

Avaliação do Estado Fresco – Fluxo confinado



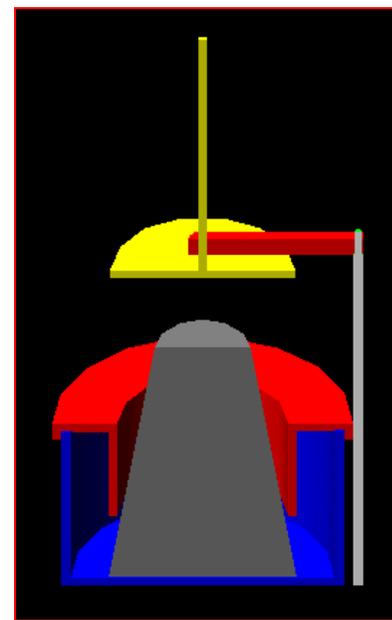
Orimet Test

Avaliação do Estado Fresco – Fluxo confinado



Caixa L

Avaliação do Estado Fresco - vibração



Vibração / Remoldagem (concretos secos)

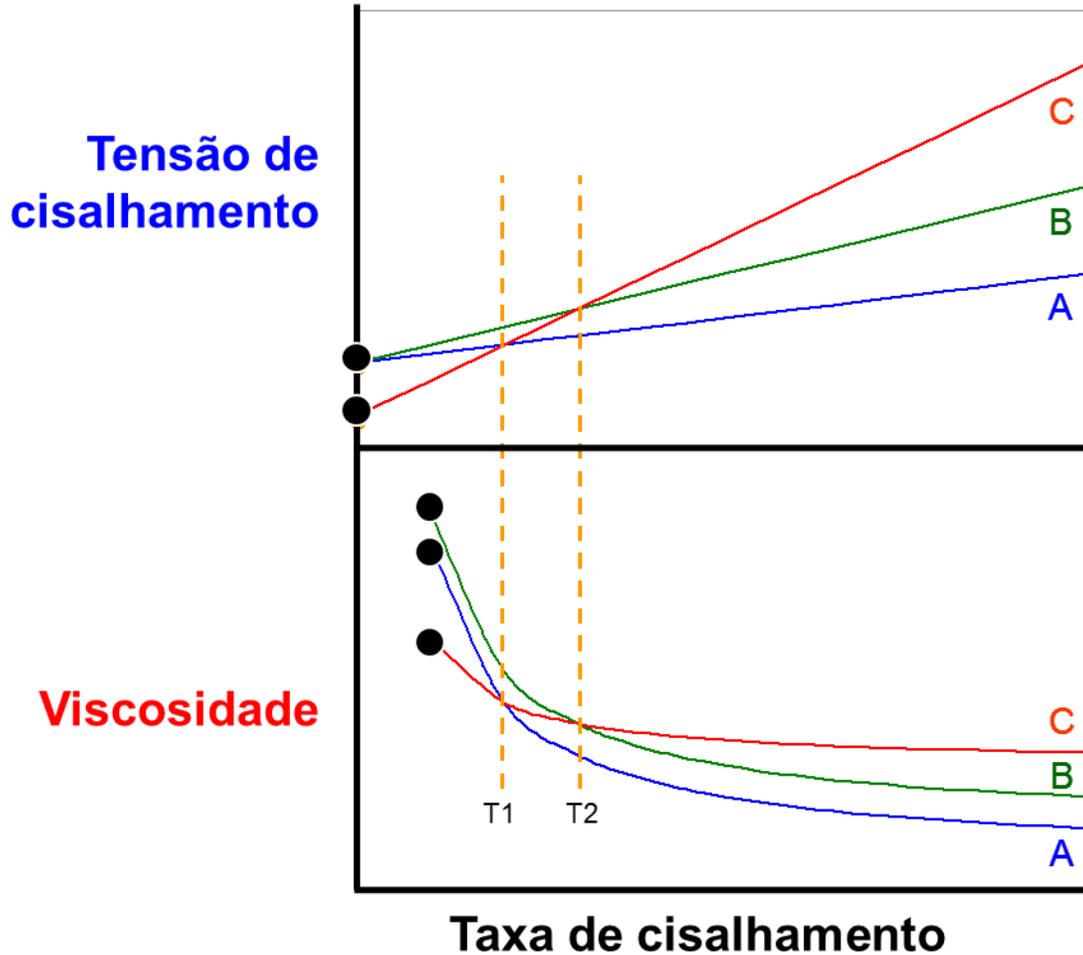
Sobre o tronco de cone de concreto, coloca-se um disco transparente que, sob queda livre restringida pelo fluxo do concreto, servirá como parâmetro para a determinação do tempo de remoldagem. Esse tempo será atingido quando o material sob a placa, que está sendo vibrado, preencher totalmente a área visível do disco.

Quais as limitações do ensaio de abatimento de tronco de cone para controle do concreto no estado fresco?

Quais as limitações do ensaio de abatimento de tronco de cone para controle do concreto no estado fresco?

- Avalia de maneira empírica a trabalhabilidade do concreto
- Apenas uma velocidade de aplicação, força peso de atuação (gravidade)
- Dificuldade de garantir a homogeneidade em grandes volumes de concreto
- O abatimento varia ao longo do tempo devido a evaporação de parte da água e o desenvolvimento das reações de hidratação

Ensaio Multiponto



Velocidade de cisalhamento varre diferentes condições de aplicação

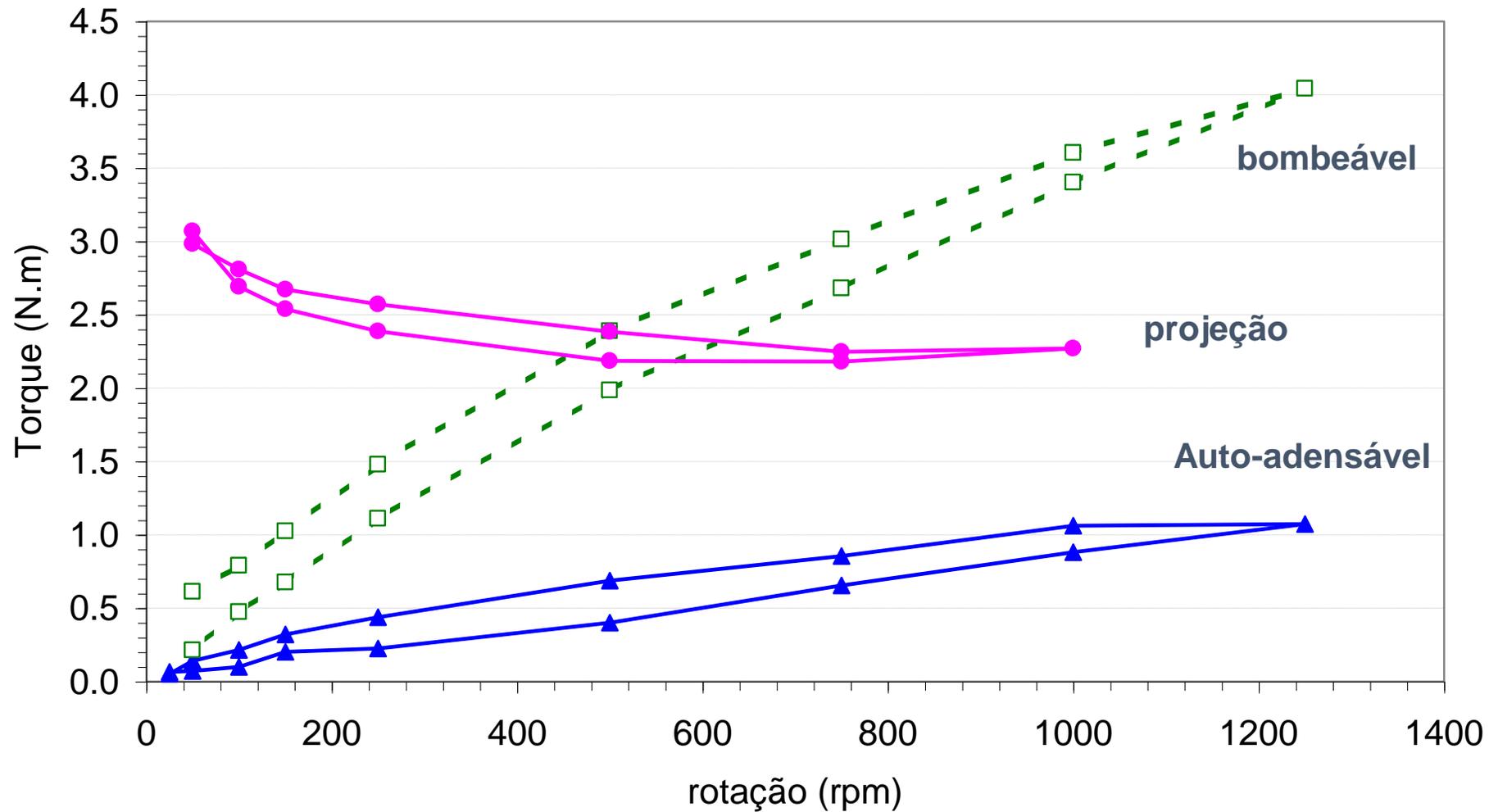
Reômetro misturador



Mistura
Transporte
Aplicação

$D_L < 25,4 \text{ mm}$

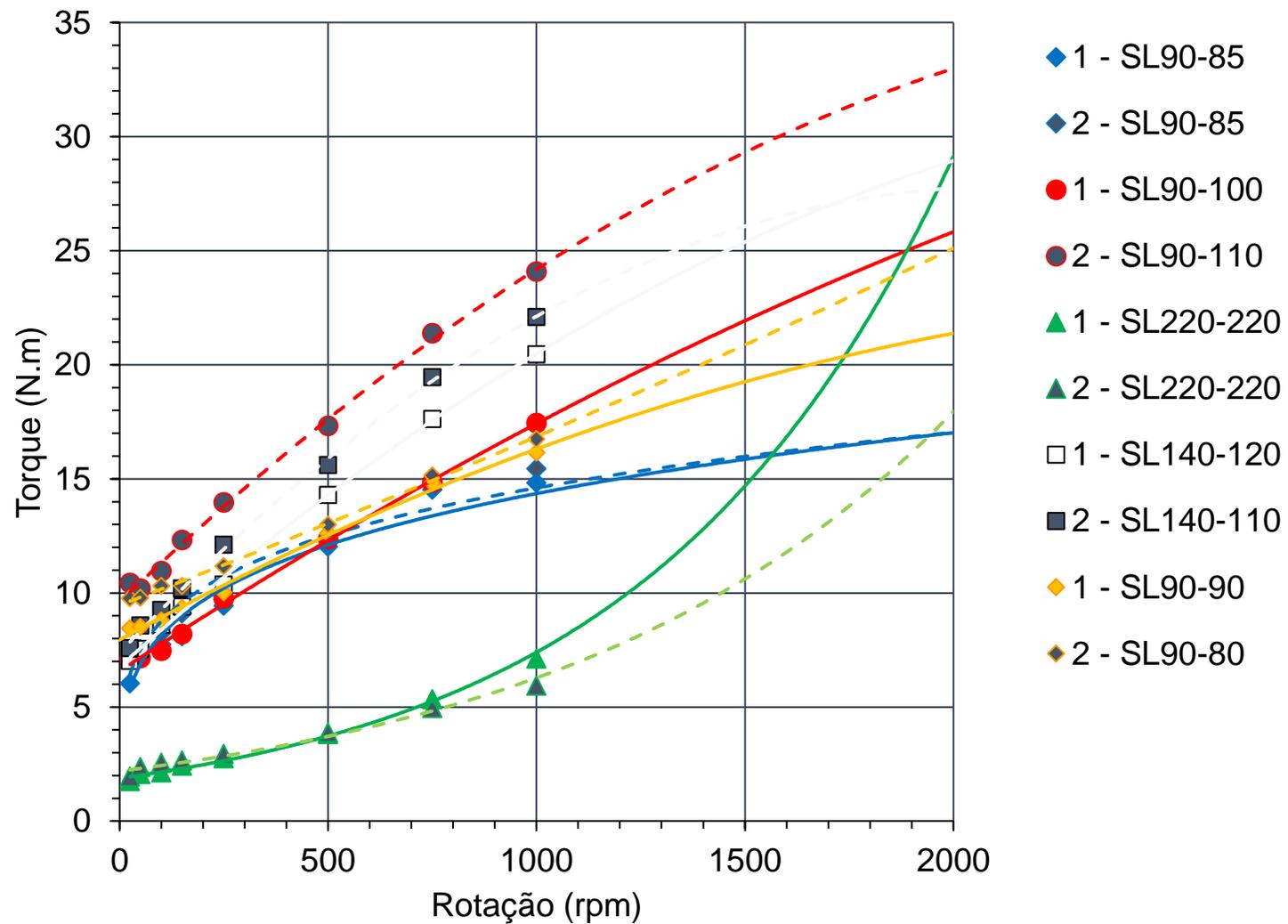
Famílias reológicas



Caracterização reológica na concreteira



Caracterização reológica na concreteira



Bombeável - Mobilidade elevada



Ex. - Concreto bombeável

Concretos Secos / Semi-secos - Mobilidade reduzida



http://maxi.co.uk/wp-content/uploads/2016/01/DSC_0562-1030x685.jpg

Exercício 1

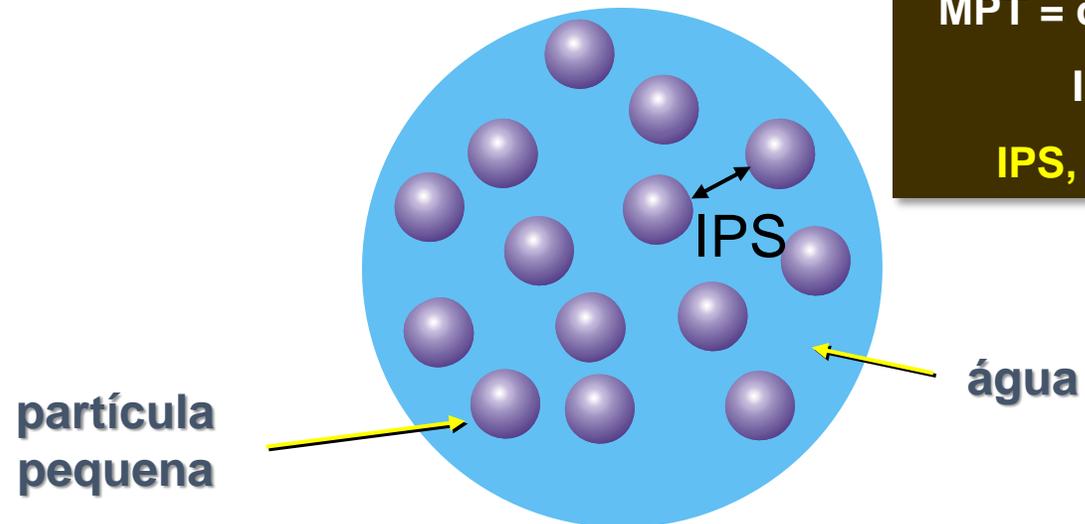
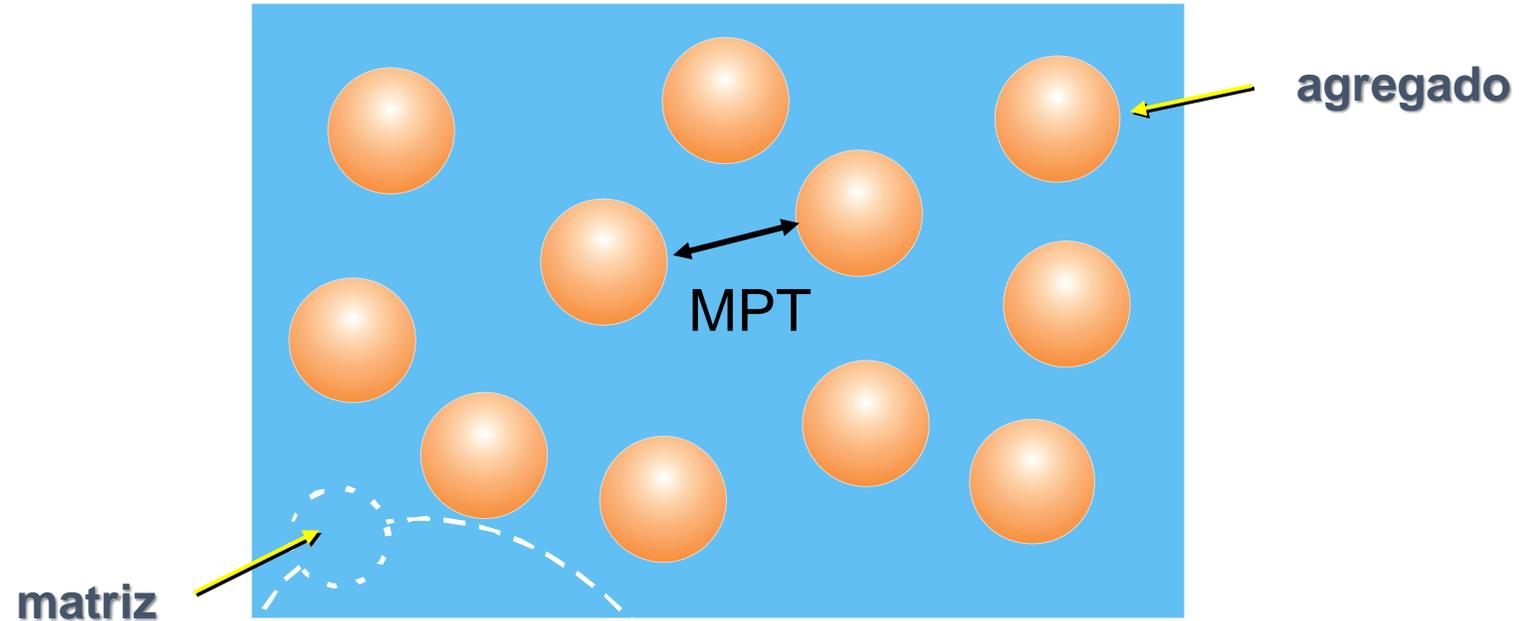


<https://forms.gle/bY9AGyHAoFYRMz4A6>

Do ponto de vista da engenharia, como se pode controlar as propriedades do concreto no estado fresco?

**Mobilidade é associada
à continuidade espacial
e ao distanciamento
entre as partículas**

Modelo de Mobilidade Concretos

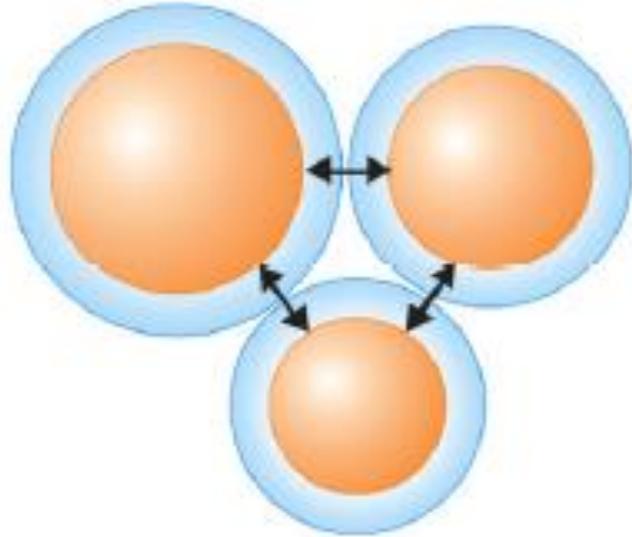


MPT = distância entre agregados $> 100 \mu\text{m}$

IPS = distância entre finos $< 100 \mu\text{m}$

IPS, MPT $> 0 \mu\text{m}$: continuidade espacial

Distância de separação entre partículas



$$IPS = \frac{2}{VSA} \times \left[\frac{1}{V_s} - \left(\frac{1}{1 - P_{of}} \right) \right]$$

Aplicável para a matriz (cimento, filer, água)

$$MPT = \frac{2}{VSA_g} \times \left[\frac{1}{V_{sg}} - \left(\frac{1}{1 - P_{of_g}} \right) \right]$$

Aplicável para os agregados (areia e brita)

VSA – área superficial volumétrica (m^2/cm^3) = área superficial (m^2/g) x densidade (g/cm^3)

V_s – fração volumétrica dos sólidos

P_{of} – fração de poros no sistema, quando as partículas se encontram acomodadas na condição de máximo empacotamento

Quanto **menor** for o teor volumétrico de **água**, menos poros e melhores as propriedades no estado endurecido, desde que se garanta a compactação



PROBLEMA

Quanto menor for o teor de
água, **mais difícil a**
Trabalhabilidade dentro de
uma classe de concreto



+ ÁGUA

=

+ Cimento

=

> Impacto Ambiental

É possível moldar concretos com baixíssima mobilidade nas partículas e sem continuidade espacial?

Vibro-compactação

UHE Lajeado - CCR - Compactação



Vibro-prensagem



<http://www.storrer.com.br/fotos/6.jpg>



<http://www.iporablocos.com.br/imagens/informacoes/blocos-concreto-muro-06.jpg>

Vibro-prensagem



Exercício 2



<https://forms.gle/b3mcyh6URfxoEigbA>



Aditivos para materiais cimentícios

PCC 3222 - 2023

Aditivos

Aditivos são produtos químicos adicionados ao cimento, à argamassa ou ao concreto, para modificar uma ou mais propriedades das misturas cimentícias

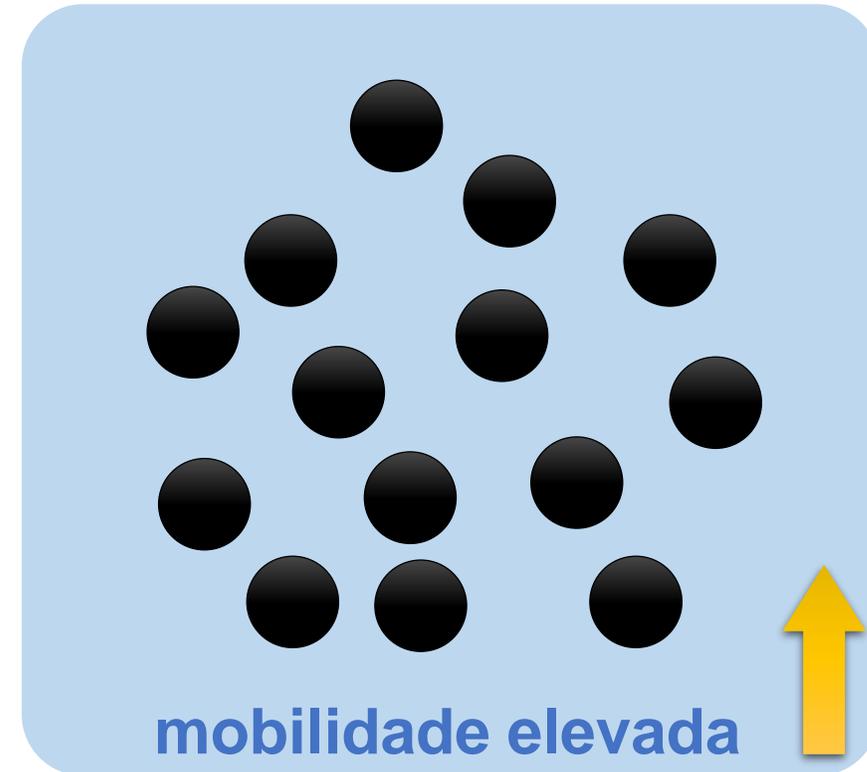
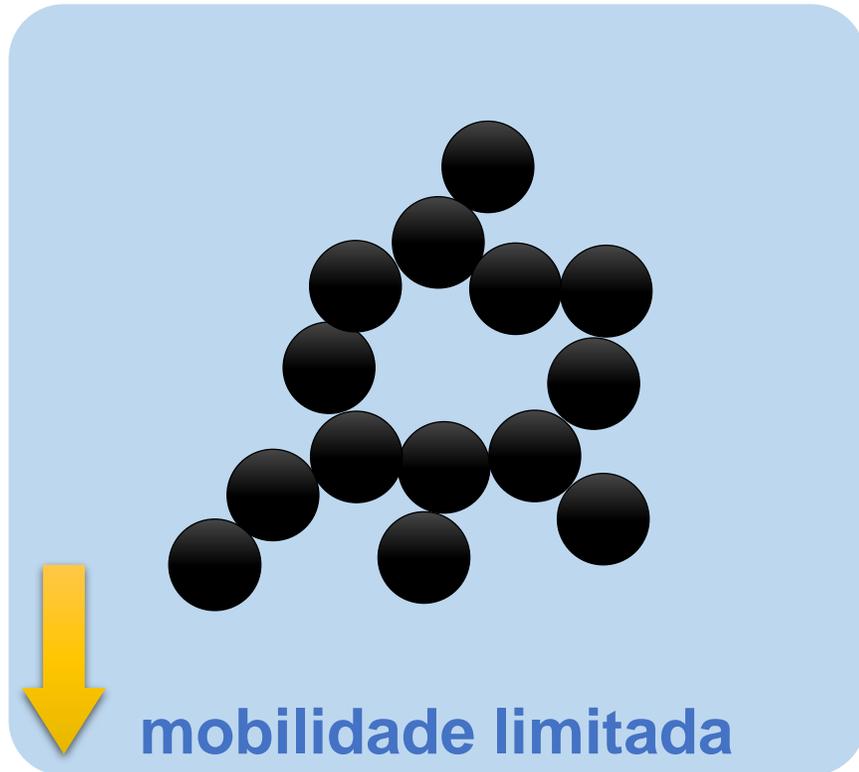
As doses de aditivos químicos normalmente variam entre 0,05% e 5% da massa de materiais cimentícios.

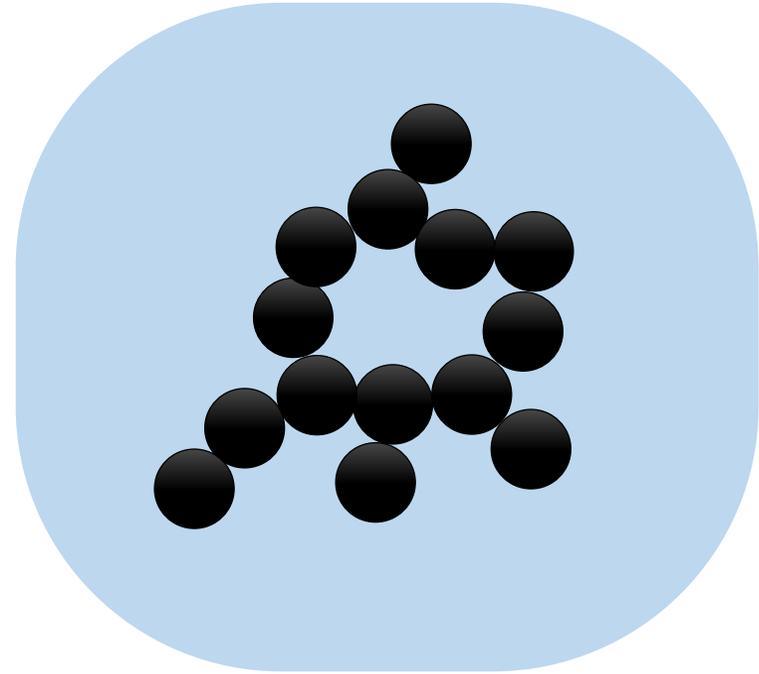
Aditivos Dispersantes

(redutores de água)

Lembrando que a fluidez das pastas cimentícias depende da mobilidade das partículas

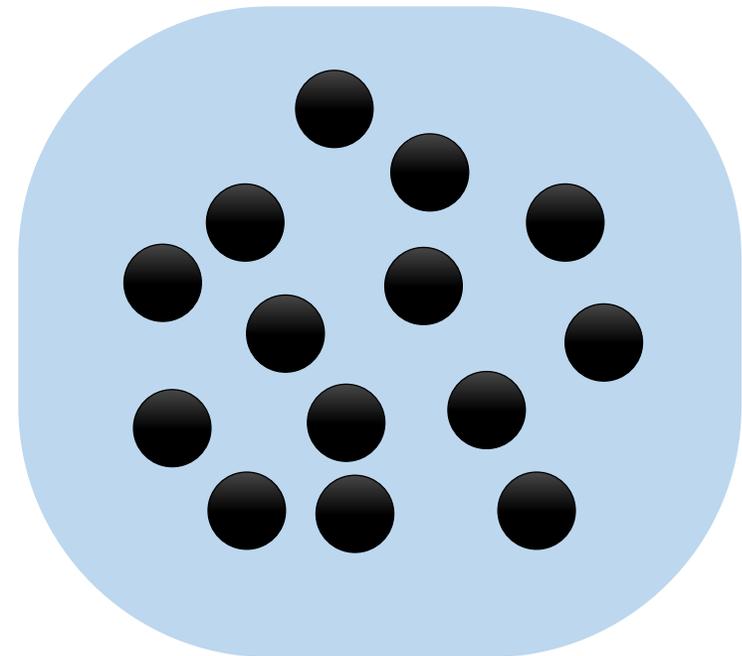
Mobilidade das partículas





Partículas de cimento naturalmente se aglomeram quando imersas em água, diminuindo sua mobilidade

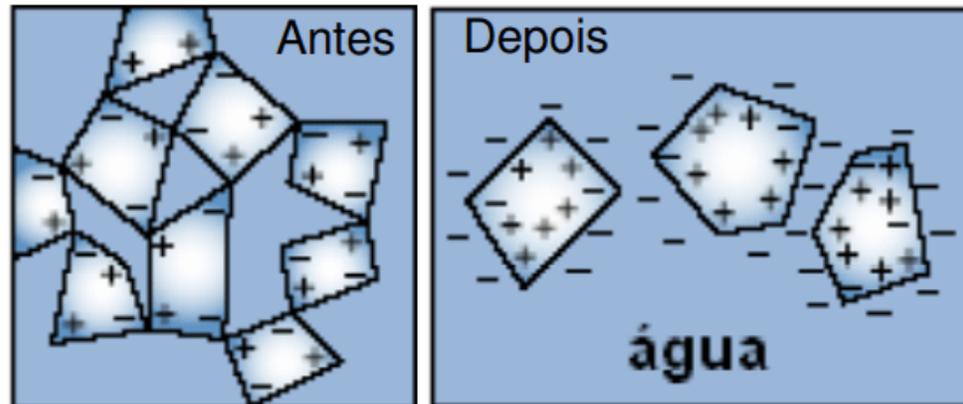
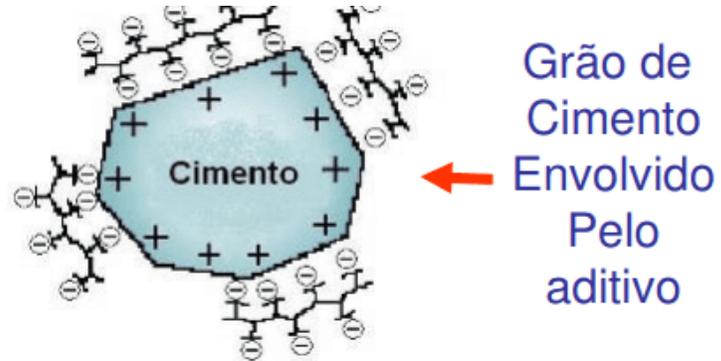
Mobilidade das
partículas pode ser
recuperada com o
auxílio de aditivos
dispersantes



Dispersante (menos eficiente)

- Repulsão eletrostática

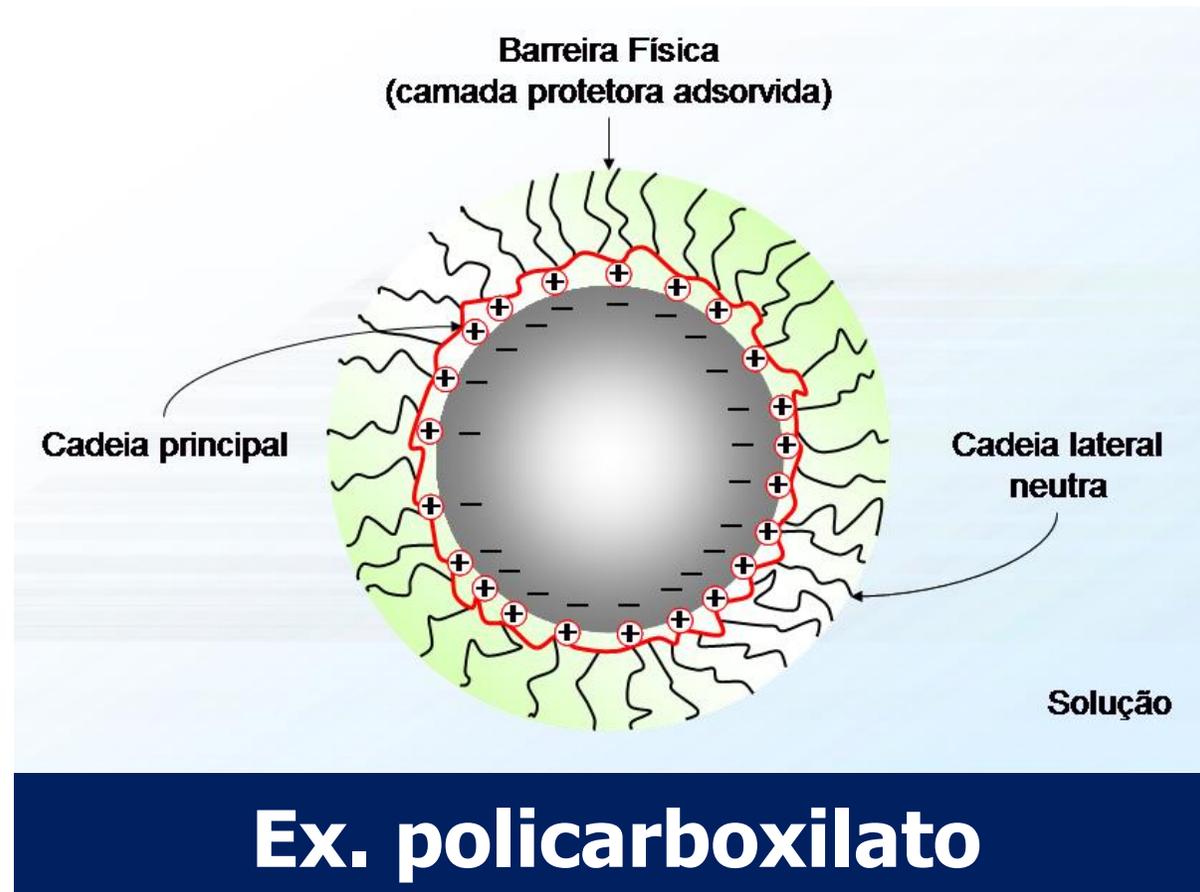
(Mehta e Monteiro, 2006)



Ex. lignosulfonado

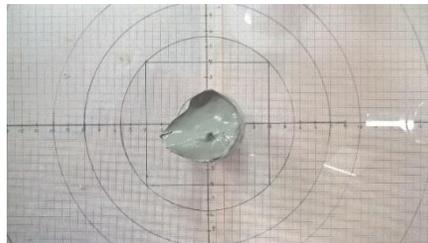
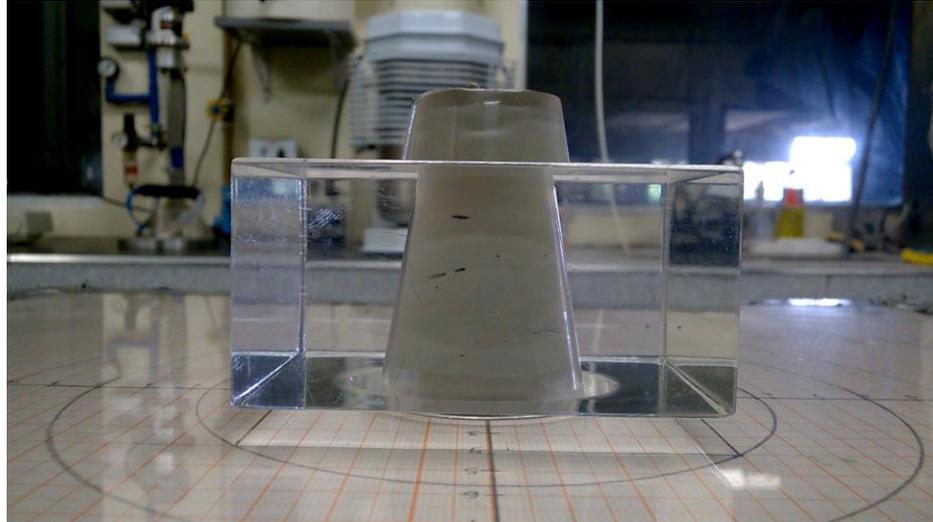
Dispersante (mais eficiente)

- Repulsão eletrostática
- Efeito estérico

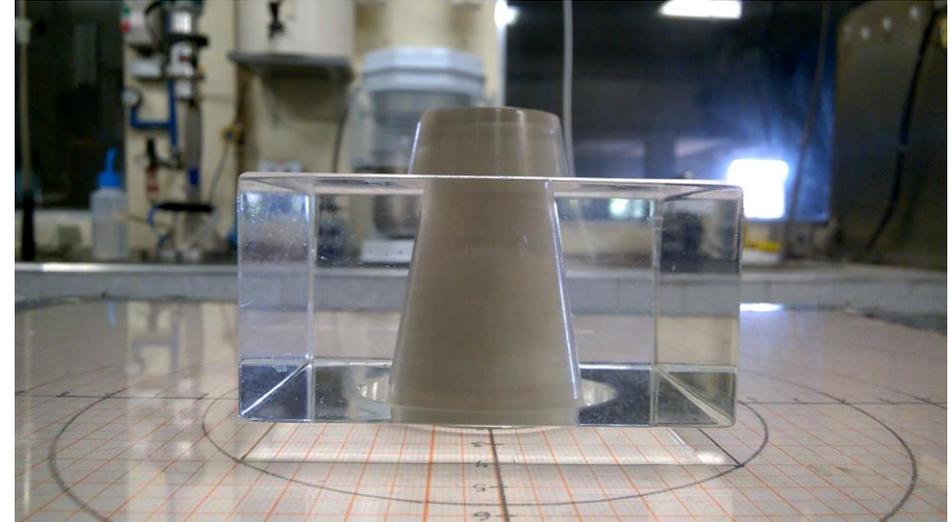


Dispersante

Cimento



Cimento + dispersante



Dispersante



Aglomerado

https://media.licdn.com/mpr/mpr/shrinknp_400_400/AEEAAQAAAAAANhA AAAJDEzZTJmMmE2LWU4MjltNDBmNS05Mzc4LTEwNjQzMGJiYzlxNg.jpg

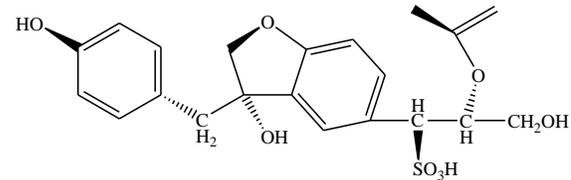


Disperso

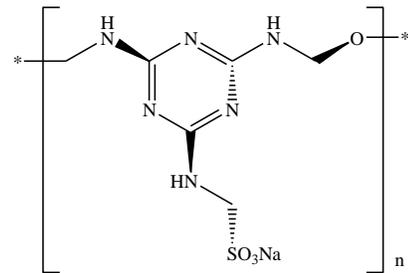
https://www.researchgate.net/profile/Mohd_Muda/publication/49911034/figure/fig7/AS:305686379548675@1449892720435/Figure-310-Slump-test.png

Efeito da dispersão (fluidiez)

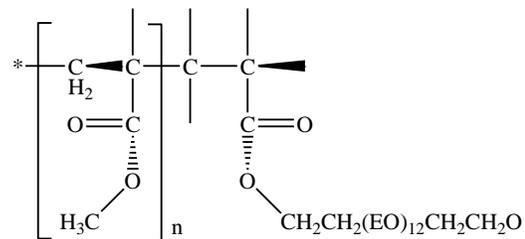
Gerações de dispersantes



Primeira Geração – Lignosulfonato



Segunda Geração – Melamina



Terceira Geração – Policarboxilato

São obtidos a partir do processo de extração de celulose das madeiras e são conhecidos como lignosulfonatos porque contém uma mistura complexa de produtos provenientes da lignina (20% a 30%), decomposição da celulose, carboidratos e ácidos sulfurosos livres ou sulfatos. São redutores normais de água.

São produtos obtidos a partir de técnicas de polimerização a partir da mistura de moléculas de melamina com moléculas de formaldeído, seguida da sulfonatação a partir da adição de bissulfito de sódio no produto intermediário formado. As melaminas permitem a redução de aproximadamente 25% da água de amassamento dos concretos.

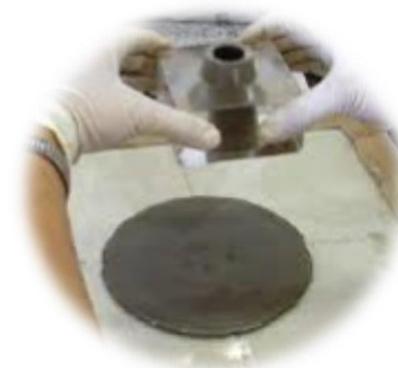
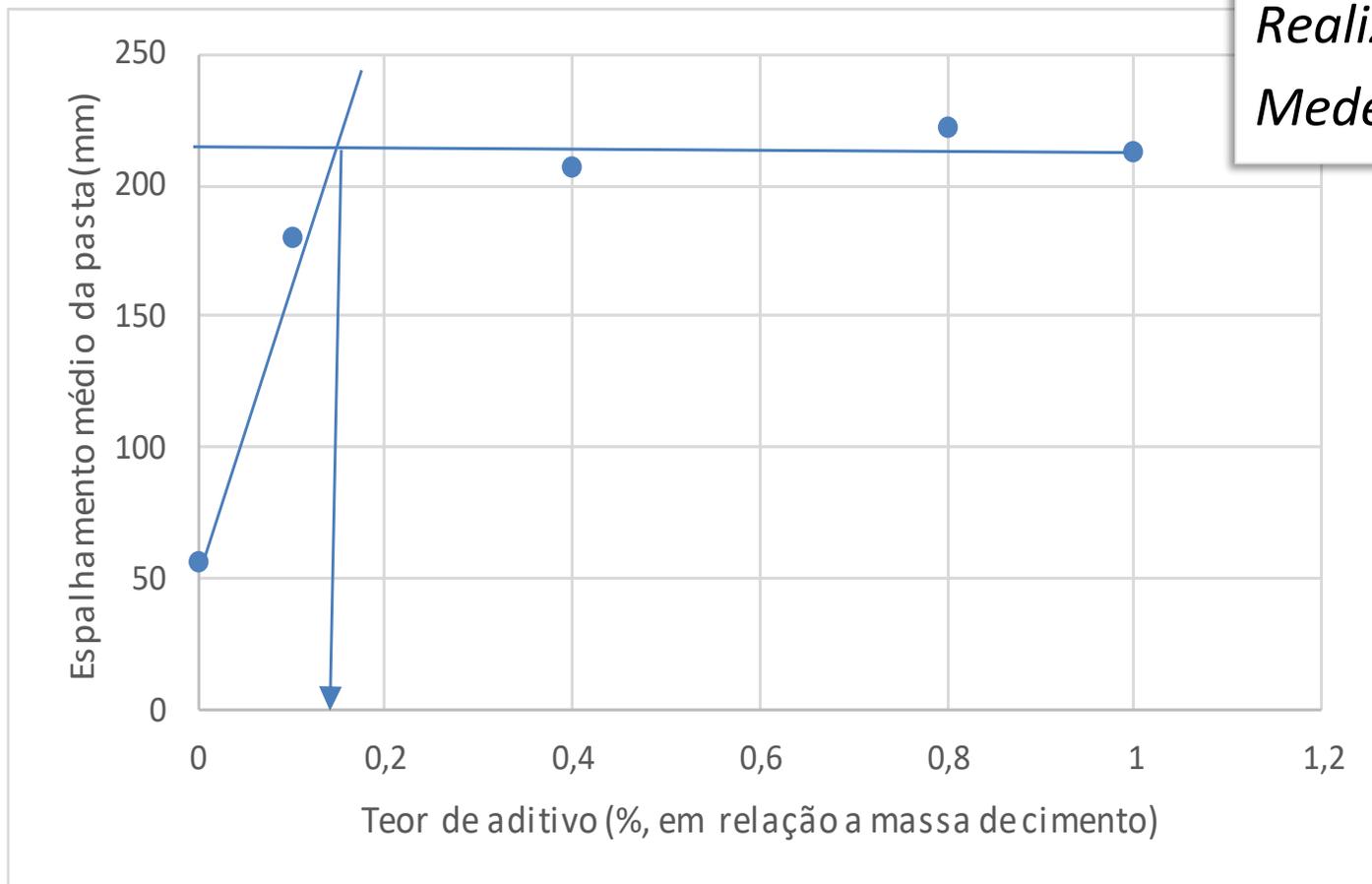
Atualmente são os aditivos mais eficientes para redução da quantidade de água de amassamento dos concretos (cerca de 40%), mantendo a mesma trabalhabilidade. São aditivos que apresentam grandes variações da massa molecular e sua eficiência depende do comprimento das cadeias principais e das ramificações. Sua atuação é sensível ao tipo de cimento e ao tempo de utilização.

Teor ótimo (saturação) de aditivo

Ensaio de mini-Slump

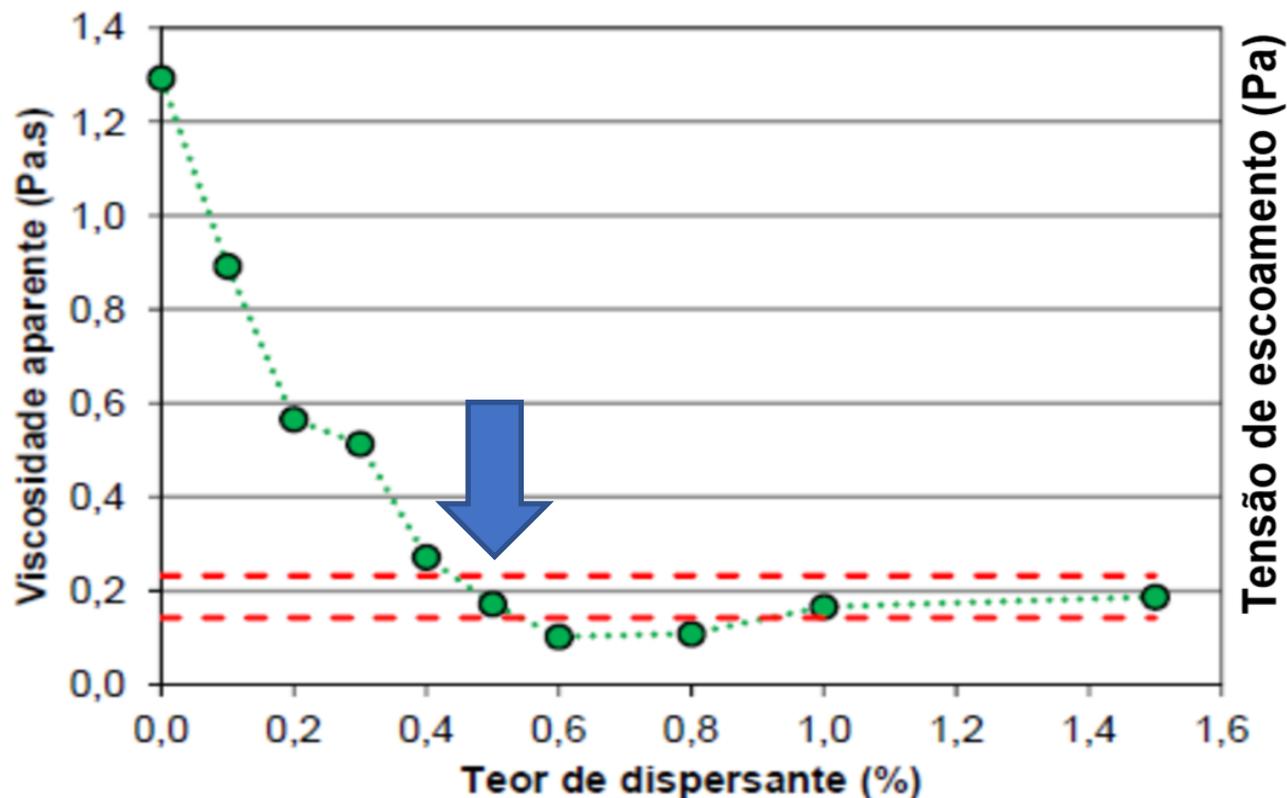
Realizado em pasta

Mede o espalhamento



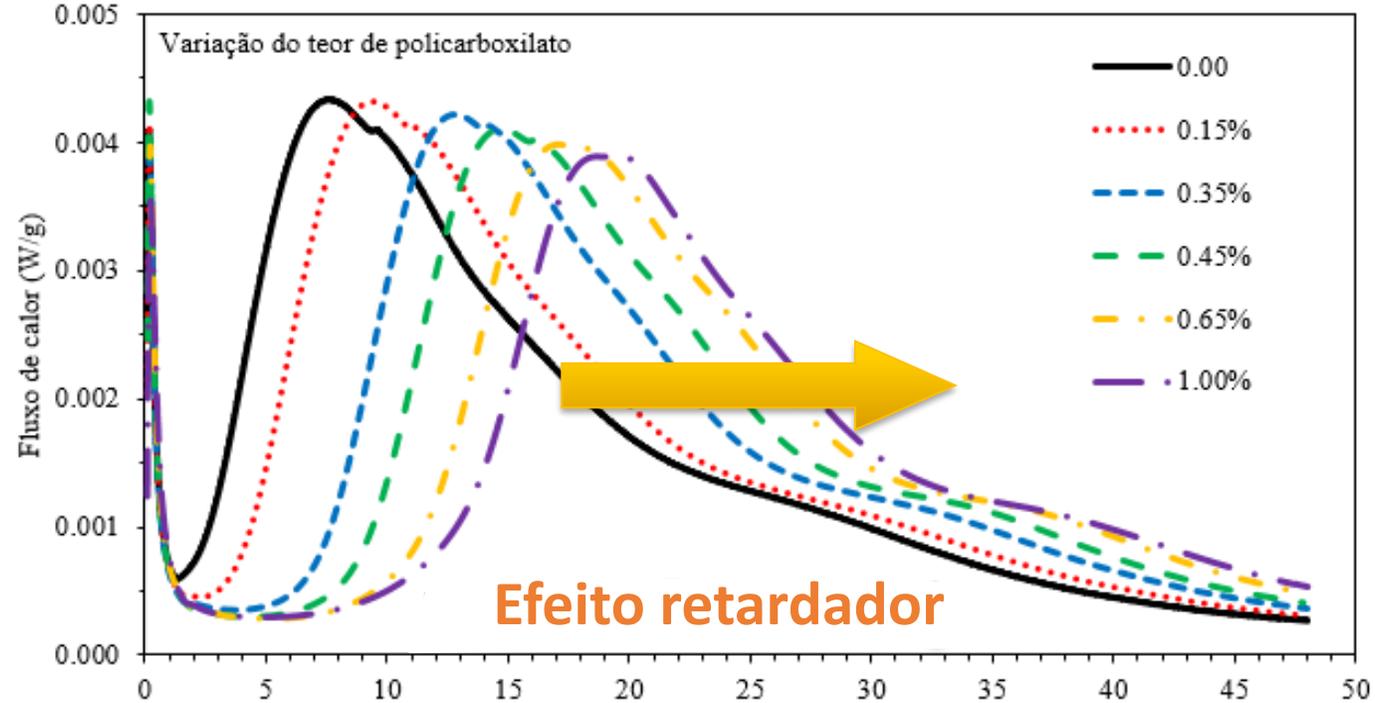
Teor ótimo (saturação) de aditivo

Por ensaio reológico (mais preciso)



“A partir do ponto ótimo, não há efeito benéfico. Só custos e efeitos colaterais.....”

Cinética hidratação cimento Portland



Teor de policarboxilato (%-p)	Tempo de início da indução (h:min)	Final do período de indução (h:min)	Tempo no período de indução (h:min)	Calor total acumulado após 48 horas (J/g)
0,00	1:00	2:10	1:10	281
0,15		4:00	3:00	278
0,35		7:05	6:05	272
0,45		8:40	7:40	268
0,65		11:00	10:00	259
1,00		12:30	11:30	246

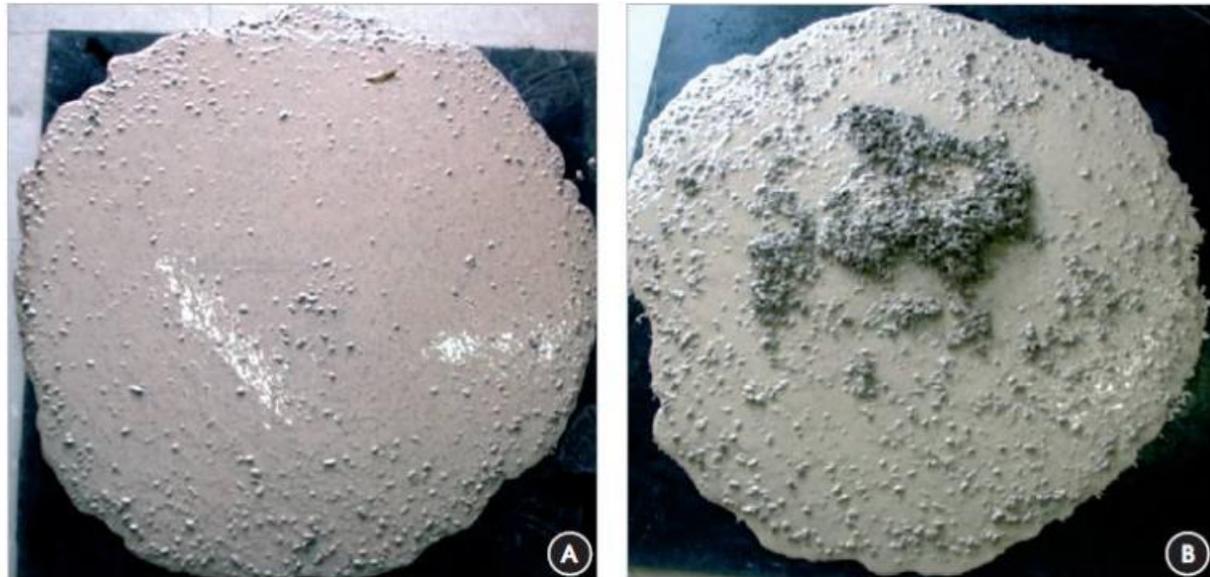
Excesso de dispersante

Pode ocasionar exsudação

- A água separa dos finos, agregados.

Outros efeitos colaterais

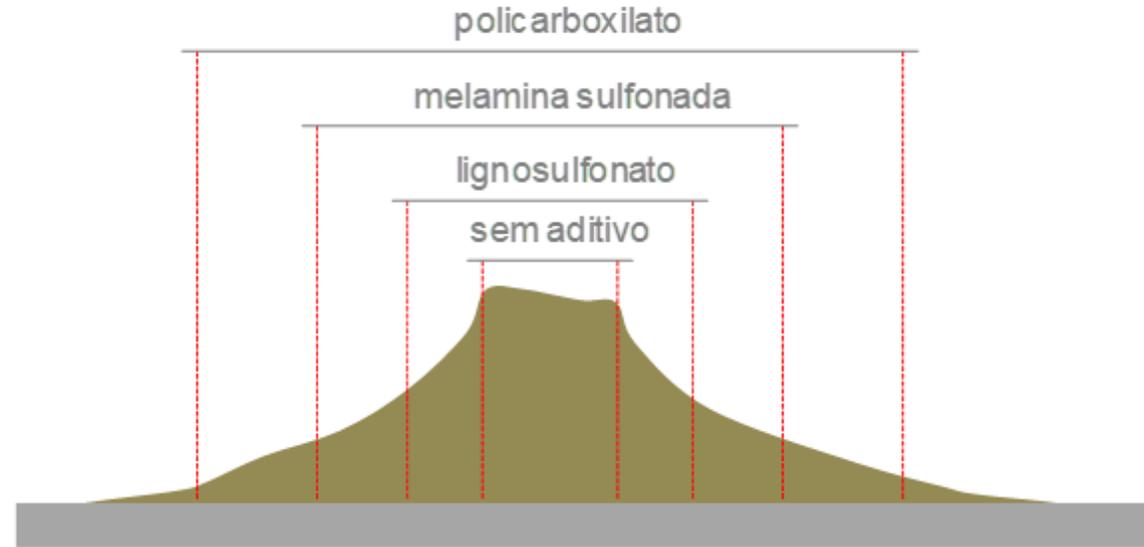
- Alterar o tempo de endurecimento
- Incorporar mais ar na mistura
-



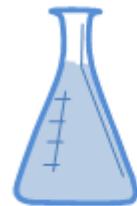
por que dispersantes são conhecidos como redutores de água?

Dispersante aplicações

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES DISPERSANTES



ÁGUA NECESSÁRIA PARA MANUTENÇÃO DA MESMA CONSISTÊNCIA



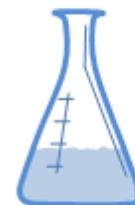
sem aditivo



lignosulfonato



melamina sulfonada



poli-carboxilato

Obter fluidez sem uso de água

Tipos de Aditivos

Dispersantes ou redutores de água

Modificadores de pega

Incorporadores de Ar

Modificadores Reológicos ou Espessantes

Controladores de retração

...

Exercício 3



<https://forms.gle/Pp8v4dXwQX7QqUhK9>



Exercícios para casa 1 – entrega no moodle

Até 18 de outubro às 23:56

Calcule o IPS e o MPT dos dois concreto abaixo. Discuta de que maneira o IPS e o MPT podem afetar as propriedades no estado fresco.

Formulação	Concreto A	Concreto C
Brita 1 (kg/m ³)	900	760
Brita 0 (kg/m ³)	185	155
Areia Britada (kg/m ³)	400	420
Areia Natural (kg/m ³)	500	510
Cimento (kg/m ³)	210	250
Água (kg/m ³)	192	227
Porosidade de empacotamento dos finos (%)	13	13
Porosidade de empacotamento dos grossos (%)	23	21

Tabela 1 - Características físicas das matérias-primas

Material	densidade (g/cm ³)	área específica (m ² /g)
Brita 1	2.70	0.001
Brita 0	2.70	0.002
Areia Britada	2.70	0.040
Areia Natural	2.65	0.020
Cimento	3.05	1.500

$$IPS = \frac{2}{VSA} \times \left[\frac{1}{V_s} - \left(\frac{1}{1 - P_{of}} \right) \right]$$

$$MPT = \frac{2}{VSA_g} \times \left[\frac{1}{V_{sg}} - \left(\frac{1}{1 - P_{of_g}} \right) \right]$$

VSA – área superficial volumétrica (m²/cm³) = área superficial (m²/g) x densidade (g/cm³)

V_s – fração volumétrica dos sólidos

P_{of} – fração de poros no sistema, quando as partículas se encontram acomodadas na condição de máximo empacotamento

Concreto A



Concreto C





Exercícios para casa 2 – entrega no moodle

Até 18 de outubro às 23:56



Responda às questões a seguir:

1. Cite as etapas de produção e aplicação do concreto.
2. Existem diferentes técnicas de misturas de concreto. Descrevas as suas principais diferenças conceituais.
3. Quais as limitações do ensaio de abatimento de tronco de cone para controle do concreto no estado fresco?
4. Do ponto de vista da engenharia, como se pode controlar as propriedades do concreto no estado fresco?
5. Por que os aditivos dispersantes permitem reduzir o consumo de água dos concretos?
6. Como é determinado o teor ótimo de aditivos dispersantes?
7. Como pode ser avaliado o potencial de um aditivo dispersante em relação ao endurecimento do cimento?
8. Explique porque o uso de dispersante pode reduzir a pegada de CO₂ em um concreto.