



Ana Paula Klaus Locatelli

A CIÊNCIA DO CONCRETO E DA ARGAMASSA: DA MISTURA À RESISTÊNCIA



Ana Paula Klaus Locatelli

A CIÊNCIA DO CONCRETO E DA ARGAMASSA: DA MISTURA À RESISTÊNCIA

SÃO PAULO | 2025

1.^a edição

Autora

Ana Paula Klaus Locatelli

**A CIÊNCIA DO CONCRETO E DA ARGAMASSA: DA MISTURA
À RESISTÊNCIA**

ISBN 978-65-6054-176-4



A CIÊNCIA DO CONCRETO E DA ARGAMASSA: DA MISTURA À
RESISTÊNCIA

1.^a edição

SÃO PAULO
EDITORA ARCHÉ
2025

Copyright © dos autores e das autoras.

Todos os direitos garantidos. Este é um livro publicado em acesso aberto, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais e que o trabalho original seja corretamente citado. Este trabalho está licenciado com uma Licença *Creative Commons Internacional* (CC BY- NC 4.0).



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

L811c Locatelli, Ana Paula Klaus.
A ciência do concreto e da argamassa [livro eletrônico] : da
mistura à resistência / Ana Paula Klaus Locatelli. – São Paulo, SP:
Arché, 2025.
136 p. : il.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-6054-176-4

1. Concreto armado. 2. Argamassa. 3. Construção civil. I. Título.
CDD 620.136

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Revista REASE chancelada pela Editora Arché.
São Paulo- SP

Telefone: +55 55(11) 5107-0941

<https://periodicorease.pro.br>

contato@periodicorease.pro.br

1ª Edição- *Copyright*® 2025 dos autores.

Direito de edição reservado à Revista REASE.

O conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade do (s) seu(s) respectivo (s) autor (es).

As normas ortográficas, questões gramaticais, sistema de citações e referenciais bibliográficos são prerrogativas de cada autor (es).

Endereço: Av. Brigadeiro Faria de Lima n.º 1.384 — Jardim Paulistano.

CEP: 01452 002 — São Paulo — SP.

Tel.: 55(11) 5107-0941

<https://periodicorease.pro.br/rease>

contato@periodicorease.pro.br

Editora: Dra. Patrícia Ribeiro

Produção gráfica e direção de arte: Ana Cláudia Néri Bastos

Assistente de produção editorial e gráfica: Talita Tainá Pereira Batista

Projeto gráfico: Ana Cláudia Néri Bastos

Ilustrações: Ana Cláudia Néri Bastos e Talita Tainá Pereira Batista

Revisão: Ana Cláudia Néri Bastos e Talita Tainá Pereira Batista

Tratamento de imagens: Ana Cláudia Néri Bastos

EQUIPE DE EDITORES

EDITORA- CHEFE

Dra. Patrícia Ribeiro, Universidade de Coimbra- Portugal

CONSELHO EDITORIAL

Doutoranda Silvana Maria Aparecida Viana Santos- Facultad Interamericana de Ciencias Sociales - FICS

Doutorando Alberto da Silva Franqueira-Facultad Interamericana de Ciencias Sociales (FICS)

Me. Ubiranilze Cunha Santos- Corporación Universitaria de Humanidades Y Ciencias Sociales de Chile

Doutorando Allysson Barbosa Fernandes- Facultad Interamericana de Ciencias Sociales (FICS)

Doutor. Avaetê de Lunetta e Rodrigues Guerra- Universidad del Sol do Paraguai- PY

Me. Victorino Correia Kinhama- Instituto Superior Politécnico do Cuanza Sul-Angola

Me. Andrea Almeida Zamorano- SPSIG

Esp. Ana Cláudia N. Bastos- PUCRS

Dr. Alfredo Oliveira Neto, UERJ, RJ

PhD. Diogo Vianna, IEPA

Dr. José Fajardo- Fundação Getúlio Vargas

PhD. Jussara C. dos Santos, Universidade do Minho

Dra. María V. Albaronedo, Universidad Nacional del Comahue, Argentina

Dra. Uaiana Prates, Universidade de Lisboa, Portugal

Dr. José Benedito R. da Silva, UFSCar, SP

PhD. Pablo Guadarrama González, Universidad Central de Las Villas, Cuba

Dra. Maritza Montero, Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Dra. Sandra Moitinho, Universidade de Aveiro-Portugal

Me. Eduardo José Santos, Universidade Federal do Ceará,

Dra. Maria do Socorro Bispo, Instituto Federal do Paraná, IFPR

Cristian Melo, MEC

Dra. Bartira B. Barros, Universidade de Aveiro-Portugal

Me. Roberto S. Maciel- UFBA

Dra. Francisne de Souza, Universidade de Aveiro-Portugal

Dr. Paulo de Andrada Bittencourt – MEC

PhD. Aparecida Ribeiro, UFG

Dra. Maria de Sandes Braga, UFTM

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores se responsabilizam publicamente pelo conteúdo desta obra, garantindo que o mesmo é de autoria própria, assumindo integral responsabilidade diante de terceiros, quer de natureza moral ou patrimonial, em razão de seu conteúdo, declarando que o trabalho é original, livre de plágio acadêmico e que não infringe quaisquer direitos de propriedade intelectual de terceiros. Os autores declaram não haver qualquer interesse comercial ou irregularidade que comprometa a integridade desta obra.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Editora Arché declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art.º 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *ecommerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Desde as primeiras construções rudimentares feitas com argila e pedra até os arranha-céus ultramodernos que desafiam a gravidade, os materiais de construção desempenham um papel central no avanço da engenharia e na evolução das cidades. A história da humanidade é marcada pela capacidade de transformar matérias-primas em estruturas cada vez mais resistentes, eficientes e inovadoras.

A revolução dos materiais trouxe impactos profundos para diversas áreas, e na engenharia civil isso se reflete no desenvolvimento do concreto e das argamassas. Antigamente, o simples uso de cal e areia permitiu a construção de monumentos que desafiaram séculos. Hoje, novas formulações e técnicas avançadas possibilitam edificações mais duráveis, sustentáveis e adaptadas às necessidades da sociedade moderna. Concretos de alto desempenho, concretos autoadensáveis, concretos translúcidos e reforçados com fibras são apenas alguns exemplos de inovações que ampliam as possibilidades construtivas.

O estudo do concreto e da argamassa vai muito além da mistura de cimento, água e agregados. Ele envolve ciência, tecnologia e engenharia para entender e controlar suas propriedades no estado fresco e endurecido, garantindo qualidade, segurança e eficiência nas construções. Dosagem precisa, aditivos, cura adequada e ensaios

laboratoriais são fatores essenciais para assegurar um material com desempenho ideal.

Este livro convida você a explorar esse fascinante universo, abordando desde os fundamentos da dosagem e composição até as propriedades e aplicações do concreto e das argamassas. A cada capítulo, vamos mergulhar nos conceitos que transformaram esses materiais na base da construção moderna, desvendando os segredos que garantem sua resistência, durabilidade e versatilidade.

Prepare-se para uma jornada de conhecimento e inovação, compreendendo como a ciência dos materiais molda o mundo ao nosso redor e impulsiona o futuro da engenharia civil.

Boa leitura!

Organizadora,

Ana Paula Klaus Locatelli

DEDICATÓRIA

A Deus, acima de tudo, pela sabedoria, pela força nos momentos difíceis e pela luz que guia cada passo do meu caminho. Sem Ele, nada seria possível.






Aos meus pais, por serem o alicerce em todas as construções da minha vida, e por me ensinarem que sonhos são os pilares mais fortes de uma jornada.

E ao meu amor, Izaias, pela paciência, pela compreensão e por estar ao meu lado em cada passo desta vida. Sua presença é um alicerce que fortalece meu coração e meus sonhos.

Aos amigos e mentores que, com suas palavras e gestos, iluminaram meu caminho, mostrando que o conhecimento floresce quando compartilhado.

Que estas páginas sejam uma inspiração para quem busca sempre crescer e acreditar naquilo que pode realizar. Com gratidão e amor, dedico estas páginas a todos vocês.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01	13
A ESCOLHA DOS MATERIAIS E SEU IMPACTO NA QUALIDADE E DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES	
 10.51891/rease.978-65-6054-176-4-1	
CAPÍTULO 02	19
AGLOMERANTES: TIPOS E APLICAÇÕES	
 10.51891/rease.978-65-6054-176-4-2	
CAPÍTULO 03	37
AGREGADOS: CLASSIFICAÇÃO E INFLUÊNCIA NO CONCRETO	
 10.51891/rease.978-65-6054-176-4-3	
CAPÍTULO 04	64
ARGAMASSAS: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES	
 10.51891/rease.978-65-6054-176-4-4	
CAPÍTULO 05	84
CONCRETO: DOSAGEM, PROPRIEDADES E MÉTODOS	
 10.51891/rease.978-65-6054-176-4-5	
REFERÊNCIAS.....	119
ÍNDICE REMISSIVO	127

CAPÍTULO 01

A ESCOLHA DOS MATERIAIS E SEU IMPACTO NA QUALIDADE E DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES

A ESCOLHA DOS MATERIAIS E SEU IMPACTO NA QUALIDADE E DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES

A ciência dos materiais é um dos pilares da construção civil, pois envolve o estudo das propriedades físicas, químicas e mecânicas dos insumos utilizados em obras. O conhecimento aprofundado sobre os materiais empregados, como cimento, agregados e aditivos, é essencial para garantir a qualidade, a durabilidade e a segurança das estruturas. No entanto, a falta desse conhecimento ou a negligência na dosagem correta dos materiais pode resultar em sérias consequências para a construção.

A escolha inadequada do tipo de cimento pode comprometer o desempenho do concreto e da argamassa. Existem diferentes tipos de cimento, cada um com características específicas para determinadas aplicações. Por exemplo, o cimento Portland de alta resistência inicial (ARI) é indicado para situações onde se necessita de um ganho rápido de resistência, enquanto o cimento de alto-forno proporciona maior durabilidade em ambientes agressivos. O uso indevido desses materiais pode levar a fissuração precoce, baixa resistência e problemas de durabilidade nas estruturas (ABNT NBR 16697:2018).

Figura 1 – Dosagem incorreta do concreto.



Fonte: Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/argamassas-estruturais-e-grautes-permitem-preencher-vazios-de-concretagem/20509>. Acesso em: 28 fev. 2025.

Os agregados, por sua vez, desempenham um papel fundamental na composição do concreto e da argamassa, representando a maior parte de seu volume. A granulometria inadequada, a contaminação por impurezas ou a presença de materiais reativos podem comprometer a trabalhabilidade e a resistência do concreto. A utilização de agregados com alta absorção de água sem um correto ajuste na dosagem pode resultar em retrações excessivas, exsudação e redução da vida útil da estrutura.

A dosagem incorreta (Figura 1) dos materiais é outro fator crítico. O excesso de água, por exemplo, pode aumentar a fluidez da mistura, mas compromete a resistência final do concreto, tornando-o mais poroso e suscetível a infiltrações, além de possivelmente expor as armaduras a corrosão. Por outro lado, a falta de água dificulta o processo de hidratação

do cimento, prejudicando o endurecimento adequado da mistura. Já a dosagem errada de aditivos pode causar segregação ou acelerar excessivamente o tempo de pega, dificultando o processo de aplicação e cura (Carvalho, 2014).

Nas argamassas, uma dosagem inadequada (Figura 2) pode levar a uma resistência abaixo do necessário, tornando a argamassa frágil e incapaz de suportar as solicitações mecânicas exigidas. Esse problema é comum em rebocos que começam a esfarinhar com o tempo, dificultando a aderência de revestimentos e reduzindo a proteção da alvenaria contra umidade e impactos.

Figura 2 – Fissuras por retração na argamassa.



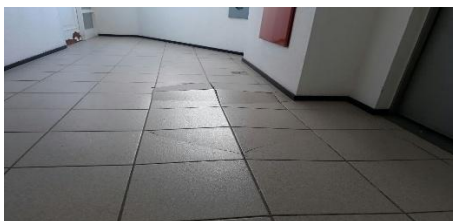
Fonte: Disponível em: <https://metalica.com.br/wp-content/uploads/2019/09/Fissuras-e-Trincas-fachadas-1.jpg>. Acesso em: 28 fev. 2025.

Casos como o descolamento de revestimentos em edifícios, como ocorrido no bairro Guilhermina, em Praia Grande (SP), evidenciam a

importância da correta escolha dos materiais e da execução adequada das argamassas de fixação. A queda de peças cerâmicas ou pastilhas pode ser causada por falhas na aderência da argamassa colante, dosagem inadequada, falta de preparo adequado da base ou exposição a intempéries extremas, como ventos fortes. Além dos riscos à segurança dos moradores e transeuntes, esses incidentes ressaltam a necessidade de manutenção preventiva e inspeções periódicas para garantir a integridade das fachadas e evitar custos elevados com reparos emergenciais (Bento, 2023).

No assentamento de pisos, a má dosagem compromete a ancoragem das peças (Figura 3), podendo levar ao destacamento e ao surgimento de sons ocos. Isso ocorre principalmente quando há excesso de areia na mistura, resultando em baixa coesão, ou quando a quantidade de água está errada, afetando a trabalhabilidade e a hidratação do cimento (Weimer; Thomas; Dresch, 2018).

Figura 3 – Descolamentos de piso.



Fonte: <https://lawtonparente.blogspot.com/2017/04/de-repente-ceramica-do-piso-levantou.html>. Acesso em: 28 fev. 2025.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT Norma Brasileira NBR 15575:2024 estabelece requisitos mínimos que os sistemas construtivos devem atender para garantir segurança, durabilidade, conforto e eficiência nas edificações. A escolha adequada dos materiais desempenha um papel fundamental no cumprimento dessas exigências, influenciando diretamente aspectos como resistência mecânica, isolamento térmico e acústico, estanqueidade e vida útil das estruturas.

Portanto, a dosagem correta e uso de materiais com características compatíveis com as condições de exposição é essencial para garantir a resistência, a aderência e a durabilidade das edificações. O controle tecnológico adequado e o cumprimento das normas técnicas ajudam a evitar patologias construtivas e garantem a qualidade das construções.

CAPÍTULO 02

AGLOMERANTES: TIPOS E APLICAÇÕES

AGLOMERANTES: TIPOS E APLICAÇÕES

Os materiais aglomerantes, geralmente em forma de pó fino, possuem a capacidade de formar uma pasta ao serem misturados com água. Essa pasta apresenta alta plasticidade e maleabilidade, permitindo a união eficaz dos materiais, além de proporcionar boa aderência às superfícies em contato (Goto; Ribeiro; Centofante, 2018).

Os aglomerantes podem ser classificados com base em sua origem e no modo como reagem durante o endurecimento, sendo utilizados na obtenção de pastas, argamassas e concretos (Figura 1). Sendo eles: (Yazigi, 2021).

- **Aglomerantes de origem mineral:** São aqueles compostos por constituintes minerais, apresentados na forma pulverulenta e que, ao serem misturados com água, formam uma pasta com propriedades aglutinantes.
- **Aglomerantes hidráulicos:** Endurecem por meio de reações químicas com a água (hidratação) e, após o endurecimento, mantêm sua resistência mesmo quando submetidos à ação da água. Exemplo: cimento Portland.

- **Aglomerantes aéreos:** Endurecem principalmente pela ação química do anidrido carbônico (CO₂) presente na atmosfera ou por reações de hidratação. No entanto, após o endurecimento, não apresentam resistência satisfatória quando expostos à água. Exemplos: cal aérea e gesso.

Figura 1 – Composições com uso de aglomerantes.



Fonte: Locatelli, 2025.

A ABNT NBR 11172:1990 define um aglomerante mineral como um produto constituído por minerais que, para sua aplicação, se apresenta na forma pulverulenta e que, na presença de água, forma uma pasta com propriedades aglutinantes.

Segundo Araujo, Rodrigues e Freitas (2000), os aglomerantes podem ser classificados quanto à sua atividade química em quimicamente

inertes e quimicamente ativos. Os inertes endurecem por meio da evaporação da água presente na mistura, seguindo um processo físico sem a ocorrência de reações químicas, como misturas argilosas e betume. Esses materiais possuem baixa resistência mecânica, o que limita sua aplicação na construção civil. Já os quimicamente ativos endurecem devido a reações químicas, resultando em materiais de alta resistência mecânica, amplamente utilizados na construção civil, como cal, gesso e cimento.

O comportamento dos aglomerantes (Figura 2) quimicamente ativos pode ser compreendido através das seguintes fases (ABNT NBR NM 65:2003):

- **Pega:** Período inicial em que a pasta cimentícia começa a perder a fluidez e inicia sua transição para o estado sólido.
- **Início de pega:** Momento em que a pasta começa a ganhar rigidez, tornando-se menos trabalhável.
- **Fim de pega:** Momento em que a pasta atinge um estado sólido, impossibilitando o manuseio e moldagem.
- **Endurecimento:** Processo contínuo de ganho de resistência mecânica do material, que ocorre mesmo após o fim de pega.

Figura 2 – Tempo de pega de aglomerantes.

AGLOMERANTES	TEMPO DE INÍCIO DE PEGA	EXEMPLO
De pega rápida	Menos de 8 minutos	Gesso de Paris Cimento Romano
De pega semi-lenta	De 8 a 30 minutos	Alguns cimentos naturais
De pega lenta	De 30 minutos a 6 horas	Cimento Portland Cimento aluminoso Cimento pozzolânico Cimento metalúrgico Cal aérea

Fonte: Disponível em: <https://4semestrecivil.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/aula-4.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2025.

Segundo a mesma norma, o ensaio para determinação do tempo de pega é realizado com o aparelho de Vicat (Figura 3). O procedimento consiste em posicionar o corpo de prova no equipamento 30 minutos após o enchimento do molde. Em seguida, a agulha do aparelho é ajustada para tocar a superfície da pasta e, então, liberada para penetrar no material. A profundidade de penetração é registrada na escala do equipamento, e o tempo é anotado a partir do momento em que o cimento e a água entram em contato.

Figura 3 – Aparelho de Vicat.



Fonte: Disponível em: <https://www.didaticasp.com.br/aparelho-de-vicat-para-cimento>.

CAL

Bauer (2019) trás que a cal é obtida através da calcinação de rochas carbonáticas, como o calcário e o dolomito, em altas temperaturas que variam entre 900 e 1100 °C. A cal tem uma longa história de aplicação na engenharia civil, sendo utilizada tanto em argamassas e revestimentos quanto na estabilização de solos.

A norma ABNT NBR 11172:1990 classifica a cal em diferentes tipos, de acordo com sua composição e processo de obtenção:

- **Cal virgem:** Obtida por meio da calcinação, tem como principal constituinte o óxido de cálcio (CaO) ou sua associação natural com óxido de magnésio (MgO), possuindo a capacidade de reagir com água. Pode ser classificada na sua composição em cálcica, magnesiana ou dolomítica.
- **Cal extinta:** Resulta da exposição da cal virgem ao ar ou à água, passando por processos de hidratação e, em alguns casos, de recarbonatação. Sua composição pode conter diferentes proporções de óxidos, hidróxidos e carbonatos de cálcio e magnésio.
- **Cal hidratada:** Apresenta-se em pó seco e é obtida pela hidratação

controlada da cal virgem. Sua composição inclui predominantemente hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), podendo conter também hidróxido de magnésio (Mg(OH)_2) e, em alguns casos, óxido de magnésio (MgO).

- **Cal hidráulica:** Também em pó seco, é produzida pela calcinação de calcário com impurezas sílico-aluminosas a temperaturas próximas à fusão. Durante o processo, formam-se silicatos, aluminatos e ferritas de cálcio, conferindo ao material propriedades hidráulicas, ou seja, a capacidade de endurecer mesmo em contato com a água.

A cal tem diversas aplicações na construção civil, sendo utilizada principalmente em argamassas, pinturas e estabilização de solos. **Na pintura**, é empregada em instalações provisórias, marcações urbanas e proteção de árvores, conferindo um acabamento simples e de baixo custo. Como **agregado**, pode substituir materiais convencionais em regiões com abundância de rochas calcárias, desde que tratada para evitar reações químicas indesejadas. Em **argamassas mistas**, sua combinação com o cimento melhora a trabalhabilidade e a retenção de água, favorecendo a hidratação do cimento e o desempenho da mistura, sem, no entanto, ser

responsável pelo ganho de resistência mecânica. Já as **argamassas de cal aérea** são aplicadas em interiores devido à sua baixa resistência e alta retração, mas oferecem boa proteção contra incêndios. Além disso, a **técnica de solo-cal** é empregada na estabilização de solos, aumentando sua capacidade de suporte e reduzindo a expansibilidade, sendo útil em obras de infraestrutura (Pereira, 2019).

O uso da cal na construção civil apresenta vantagens ambientais e construtivas, mas também algumas limitações. Do ponto de vista ambiental, a cal contribui para a redução de CO₂ na atmosfera, pois durante seu endurecimento reage com o gás carbônico e o fixa na forma de carbonato de cálcio ou magnésio, reconstituindo quimicamente a rocha original e minimizando seu impacto no efeito estufa. No aspecto construtivo, melhora a plasticidade da argamassa fresca, proporcionando maior trabalhabilidade, também aumenta a deformabilidade da argamassa endurecida, reduzindo a ocorrência de microfissuras, especialmente em ambientes sujeitos a variações de temperatura e umidade. No entanto, sua principal desvantagem está na produtividade, pois as argamassas à base de cal pura possuem um processo de cura lento devido à carbonatação, podendo levar dias para atingir resistência adequada e permitir a aplicação

do acabamento final (Quarcioni, 2018).

Bauer (2019) cita influências da cal nas propriedades das argamassas, sua principal contribuição está na plasticidade, facilitando a aplicação e o manuseio da argamassa, permitindo uma maior incorporação de areia, além de ser mais econômica em comparação ao cimento Portland, o que reduz custos. A cal também melhora a retenção de água, essencial para a hidratação dos aglomerantes, e confere isolamento térmico devido à sua refletibilidade. Ela também contribui para a resistência mecânica à compressão e à tração, minimiza o surgimento de fissuras e trincas, e aumenta a resistência à penetração de água, tornando as superfícies mais duráveis.

GESSO

O gesso é um aglomerante aéreo obtido pela calcinação moderada da gipsita (sulfato de cálcio diidratado), resultando em sulfato de cálcio hemidratado (ABNT NBR 13207:2017).

Quando submetida a uma temperatura de aproximadamente 350°C, a gipsita perde parte da água de cristalização, originando o gesso, que é um produto da sua desidratação parcial ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). O processo produtivo envolve a extração do minério, seguido por britagem, moagem

grosseira e estocagem. Em seguida, ocorre a secagem, calcinação, moagem fina, armazenamento e, por fim, o ensacamento para proteção contra umidade (Goto; Ribeiro; Centofante, 2018).

O desempenho do gesso como ligante na fabricação de pré-moldados e revestimentos está diretamente relacionado a propriedades específicas, como elevada plasticidade da pasta, rápido tempo de pega e endurecimento, alta finura (similar à do cimento), baixa retração na secagem e estabilidade volumétrica. Uma característica marcante dos revestimentos de gesso é sua capacidade de absorver e liberar umidade do ambiente, proporcionando um equilíbrio higroscópico eficiente. Atuam também como barreiras iniciais contra a propagação de chamas, pois liberam moléculas de água quando expostos ao fogo (Bauer, 2019).

Entretanto, a solubilidade relativamente alta do gesso (cerca de 1,8 g/litro) pode comprometer sua resistência mecânica, especialmente em ambientes úmidos. A absorção de umidade e a lixiviação progressiva dos constituintes podem reduzir a durabilidade dos revestimentos. A microestrutura do gesso endurecido, essencial para suas propriedades físicas e mecânicas, é naturalmente porosa devido à evaporação da água excedente utilizada para garantir a trabalhabilidade da pasta. Devido ao

seu pH praticamente neutro, o gesso pode acelerar a corrosão de metais ferrosos, resultando em manchas de ferrugem nos pontos de contato (Bauer, 2019).

Baltar et al. (2004) apud Goto; Ribeiro; Centofante (2018) destacam que as empresas do Polo Gesseiro do Araripe (PE) produzem diversos tipos de gessos a partir das variedades utilizadas em fundição e revestimento. Dependendo da aplicação, esses gessos podem conter aditivos, como agregados, produtos químicos, corantes e entre outros. Entre as principais variações, destacam-se:

- **Gesso cola:** utilizado para rejuntar peças pré-moldadas em gesso;
- **Gesso de revestimento projetado:** aplicado mecanicamente para revestimento de paredes;
- **Gesso com pega retardada:** indicado para aplicação manual dos revestimentos;
- **Gesso contrapiso autonivelante:** utilizado para nivelamento de superfícies;
- **Gesso cerâmico:** empregado na fabricação de moldes para a indústria cerâmica;
- **Gesso giz:** utilizado em salas de aula em escolas, entre outros.

Na construção civil, o uso do gesso é amplo em diversas aplicações, incluindo placas de *drywall* para forro e paredes divisórias, revestimento de alvenarias, ornamentos, bloco para execução de divisórias, reparos em pintura e reboco, placas 3D, sancas e molduras, mobiliário de gesso, entre outros (Pedroso, 2023).

As placas de *drywall*, comumente chamadas de gesso acartonado são classificadas em relação a suas características e aplicações em Standard (ST), utilizadas em áreas secas, Resistente à Umidade (RU), utilizadas em áreas com presença de umidade ocasional ou por tempo limitado e Resistente ao Fogo (RF), utilizadas em locais com baixa umidade e que requerem maior resistência ao fogo (Goto; Ribeiro; Centofante, 2018).

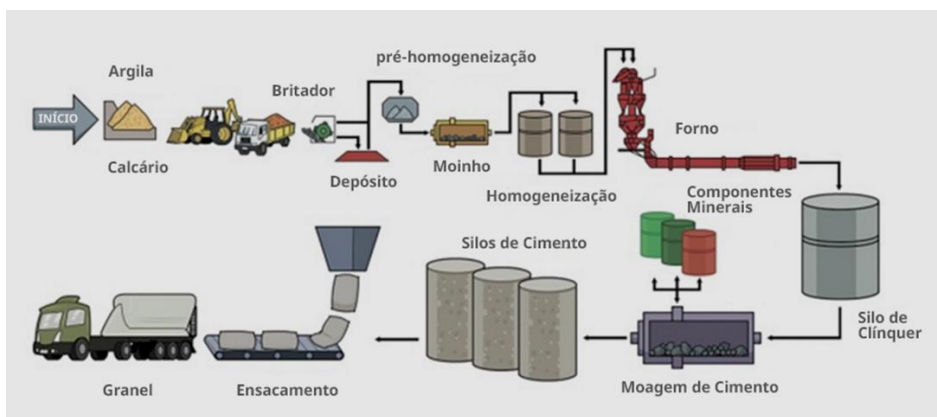
CIMENTO

O cimento é um aglomerante hidráulico constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, obtido através da calcinação e moagem de um calcário argiloso, pelo aquecimento da mistura em forno rotativo a altas temperaturas (ABNT NBR 11172:1990).

O cimento Portland é um aglomerante hidráulico artificial produzido a partir da moagem e mistura homogênea de argila e minerais

ricos em cal, em proporções específicas (Figura 3). A mistura é então submetida a um aquecimento em forno rotativo a aproximadamente 1400°C, processo que provoca transformações físicas e químicas nas matérias-primas, conhecido como calcinação. O material resultante, denominado clínquer, é posteriormente moído até se tornar um pó extremamente fino. Durante essa etapa, adiciona-se uma pequena quantidade de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) para retardar o tempo de pega do cimento (cerca de 3%). O cimento Portland (Figura 4) desenvolve sua resistência e endurecimento por meio de reações químicas ao entrar em contato com a água (Callister, 2012).

Figura 3 – Processo de fabricação do cimento.

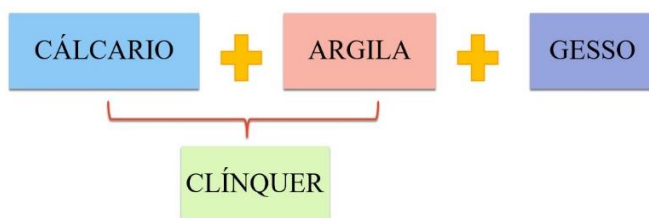


Fonte: Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/tipos-de-cimento>. Acesso em: 27 fev. 2025.

O cimento Portland é composto essencialmente por cal (CaO),

sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3), óxido de ferro (Fe_2O_3), além de uma proporção controlada de magnésia (MgO) e uma pequena quantidade de anidrido sulfúrico (SO_3), adicionada após a calcinação para retardar o tempo de pega. O cimento também contém impurezas em menores quantidades, como óxido de sódio (Na_2O), óxido de potássio (K_2O) e óxido de titânio (TiO_2), entre outros compostos de menor relevância. Os óxidos de sódio e potássio, conhecidos como álcalis do cimento, podem influenciar algumas propriedades do material (Bauer, 2019).

Figura 4 – Composição do cimento Portland.



Fonte: Autor, 2025.

A ABNT NBR 11172:1990 e Associação Brasileira de cimento Portland (ABCP, 2018) classificam-o em várias categorias, tais como:

- **Cimento Portland Comum (CPI I):** Também chamado de cimento Portland simples, não contém aditivos além do gesso, que tem a função de retardar o tempo de pega, proporcionando mais

tempo para aplicação. Apresenta alto custo e menor resistência, sendo amplamente utilizado na indústria.

- **Cimento Portland Composto (CP II):** Contém adição de materiais que reduzem o calor de hidratação, tornando-o mais adequado para diversas aplicações. Sendo eles:
 - CP II-E: contém escória de alto-forno, proporcionando maior durabilidade.
 - CP II-Z: possui adição de material pozolânico, melhorando a resistência química.
 - CP II-F: contém material carbonático (fíler), conferindo melhor trabalhabilidade.
- **Cimento Portland de Alto Forno (CP III - AF):** Composto por 35% a 70% de escória de alto-forno, apresenta alta durabilidade, baixa porosidade e maior resistência a sulfatos e reações álcali-agregado. Também possui baixo calor de hidratação, reduzindo o risco de fissuração.
- **Cimento Portland Pozolânico (CP IV):** Contém entre 15% e 50% de material pozolânico, proporcionando resistência química e estabilidade em ambientes agressivos, como locais sujeitos a

ataques por sulfatos. Seu baixo calor de hidratação o torna ideal para concretagem de grandes volumes e aplicações em climas quentes, e sua baixa porosidade o torna resistente à ação da água do mar e de esgotos.

- **Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V – ARI):** Desenvolvido para alcançar resistência elevada nas primeiras horas após a aplicação, não permite a adição de substâncias além do sulfato de cálcio durante a moagem. É indicado para obras que exigem desforma rápida.
- **Cimento Portland Resistente a Sulfatos (CP – RS):** Formulado com adição de sulfato de cálcio durante a moagem, é ideal para construções expostas a ambientes agressivos, como redes de esgoto, instalações industriais e estruturas em contato com água do mar.
- **Cimento Portland Branco (CPB):** Caracteriza-se pela ausência ou presença mínima de óxido de ferro (Fe_2O_3) e outros pigmentos, sendo amplamente utilizado em aplicações arquitetônicas e estéticas.
- **Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC):**

Desenvolvido para minimizar o calor gerado durante a hidratação, reduzindo o risco de fissuras térmicas em estruturas de grande massa de concreto, como barragens e fundações profundas.

A ABNT NBR 16697: 2018 trás os requisitos dos cimentos, classificações e suas classes de resistência (Tabela 1) e limites de composição no cimento Portland (porcentagem em massa) na Tabela 2.

Designação normalizada (tipo)	Subtipo	Sigla	Classe de resistência	Sufixo
Cimento Portland comum	Sem adição	CP I	25, 32 ou 40	RS ou BC
	Com adição	CP I - S		
Cimento Portland composto	Com escória granulada de alto forno	CP – II – E		
	Com material carbonático	CP – II – F		
	Com material pozolânico	CP – II – Z		
Cimento Portland de alto-forno		CP III		
Cimento Portland pozolânico		CP IV		
Cimento Portland de alta resistência inicial		CP V	ARI	
Cimento Portland branco	Estrutural	CPB	25, 32 ou 40	
	Não - estrutural	CPB	-	

Tabela 1 – Designação normalizada, sigla e classe do cimento Portland.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16697:2018.

Designação normalizada	Sigla	Classe de resistência	Sufixo	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Materia al pozolânico	Materia al carbonático
------------------------	-------	-----------------------	--------	-------------------------------	---------------------------------	-----------------------	------------------------

Cimento Portland comum		CP I	25, 32 ou 40	RS ou BC	95-100	0-5		
		CP I – S			90-94	0	0	6-10
Cimento Portland composto com escória granulada de alto forno		CP II – E			51-94	6-34	0	0-15
Cimento Portland composto com material pozzolânico		CP II – Z			71-94	0	6-14	0-15
Cimento Portland composto com material carbonático		CP II – F			75-89	0	0	11-25
Cimento Portland de alto forno		CP III			25-65	35-75	0	0-10
Cimento Portland pozzolânico		CP IV			45-85	0	15-50	0-10
Cimento Portland de alta resistência inicial		CP V	AR I		90-100	0	0	0-10
Cimento Portland Branco	Estrutural	CPB	25, 32 ou 40		75-100	-	-	0-25
	Não estrutural		-		50-74	-	-	26-50

Tabela 2 – Limites de composição do cimento Portland (porcentagem de massa).

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16697:2018.

CAPÍTULO 03

AGREGADOS: CLASSIFICAÇÃO E INFLUÊNCIA NO CONCRETO

AGREGADOS: CLASSIFICAÇÃO E INFLUÊNCIA NO CONCRETO

Os agregados desempenham um papel fundamental na composição do concreto, influenciando diretamente suas propriedades mecânicas, durabilidade e trabalhabilidade. A classificação dos agregados é baseada em diferentes critérios, como origem, dimensão, densidade e forma das partículas, sendo essencial para a escolha adequada do material conforme a aplicação desejada.

AGREGADOS

A ABNT NBR 9935:2024 define o agregado como um material granular, normalmente inerte, com tamanhos e dimensões apropriadas para a confecção de argamassas e concretos, classificando-os pela origem, massa unitária e granulometria (Figura 1).

Quanto a origem, podem ser divididos em naturais e artificiais. Os agregados naturais são provenientes da natureza, já encontrados fragmentados ou resultante da britagem de rochas, como seixo rolado e areia de rio. Já os agregados artificiais são materiais granulares provenientes do processo industrial que envolva alterações físico-químicas

ou mineralógicas da matéria-prima original, para uso como agregado em concreto e argamassa, como argila expandida, escória granulada de alto forno, vermiculita e britas (ABNT NBR 9935:2024).

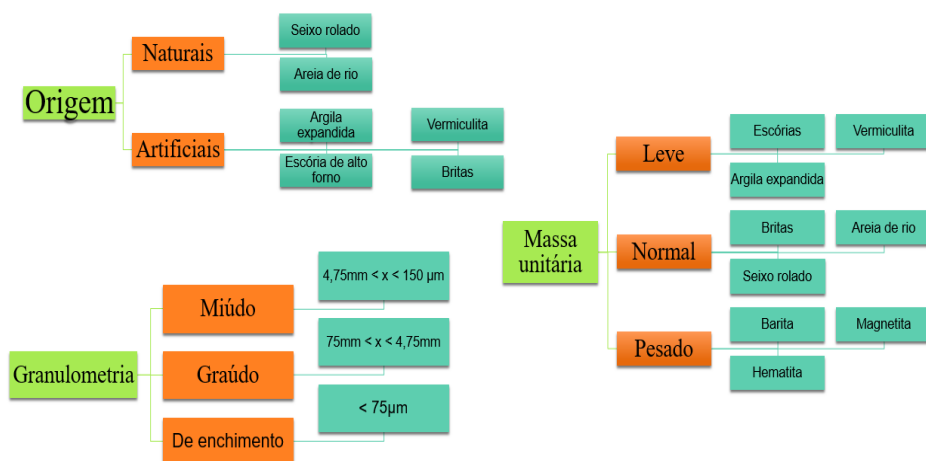
Em relação a massa unitária, os agregados podem ser leves, normais e densos. São agregados leves, aqueles que possuem baixa densidade, como as escórias, argilas expandidas e vermiculita. Os agregados normais são brita, seixo rolado e areia de rio. Já os materiais de elevada densidade são densos ou pesados, como a barita, magnetita e a hematita, que são muito utilizados para reterem radiação (Lisboa; Alves; Melo, 2017).

A granulometria dos agregados divide-os como materiais miúdos, graúdos e de enchimento. Os agregados miúdos são aqueles que passam na 4,75mm e ficam retidos na peneira 150 μ m. Já os agregados graúdos são agregados que passam pela peneira de abertura 75mm e ficam retidos na peneira 4,75mm. E os materiais de enchimento, são partículas com dimensões abaixo de 75 μ m (ABNT NBR 9935:2024).

A escolha dos agregados afeta diretamente propriedades como resistência, durabilidade e trabalhabilidade do concreto e argamassa. Agregados bem graduados reduzem a necessidade de cimento e água,

melhorando a coesão da mistura e reduzindo a retração. Já a porosidade e absorção dos agregados impactam a durabilidade, influenciando a permeabilidade do concreto. A granulometria e a forma das partículas afetam a compacidade e a resistência mecânica do material. Agregados angulares aumentam a aderência da pasta de cimento, melhorando a resistência à compressão, enquanto agregados arredondados favorecem a trabalhabilidade e a fluidez da mistura. Como os agregados são produzidos de materiais rochosos diversos, se fazem necessários ensaios para suas classificações e verificações comportamentais de resistência, absorção de água, massa unitária, massa específica, entre outros.

Figura 1 – Classificação dos agregados.



Fonte: Locatelli, 2025.

GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS

Para classificarmos os materiais quanto ao tamanho, utilizamos o ensaio de granulometria dos agregados descritos pela ABNT NM 248:2001 que determina o conjunto de peneiras a serem utilizadas na série normal e intermediária, com as aberturas de malhas (Tabela 1).

Série Normal	Série Intermediária
75mm	-
-	63mm
-	50mm
37,5mm	-
-	31,5mm
-	25mm
19mm	-
-	12,5mm
9,5mm	-
-	6,3mm
4,75mm	-
2,36mm	-
1,18mm	-
600µm	-
300µm	-
150µm	-

Tabela 1 – Série de peneiras.

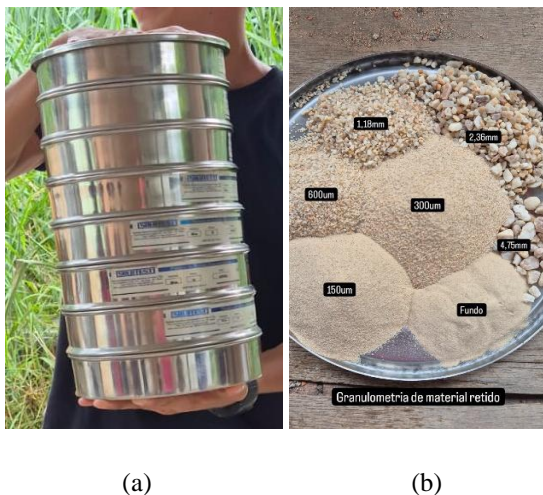
Fonte: Adaptado de ABNT NM 248:2001.

A norma ainda estabelece que a dimensão máxima característica corresponde a peneira na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou inferior a 5% em massa, e que o módulo de finura é a “soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100” (ABNT NM

248:2001).

O ensaio de granulometria (Figura 2) consiste em secar a amostra em estufa, encaixar as peneiras limpas, de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha na ordem crescente da base para o topo e um fundo fechado. Colocar a amostra pesada na parte superior e agitar mecanicamente ou manualmente as peneiras, de modo a permitir a separação e classificação dos materiais. Após a agitação, pesar todos os materiais retidos em cada peneira e elaborar uma curva granulométrica, para entender como aquele material se comporta (ABNT NM 248:2001).

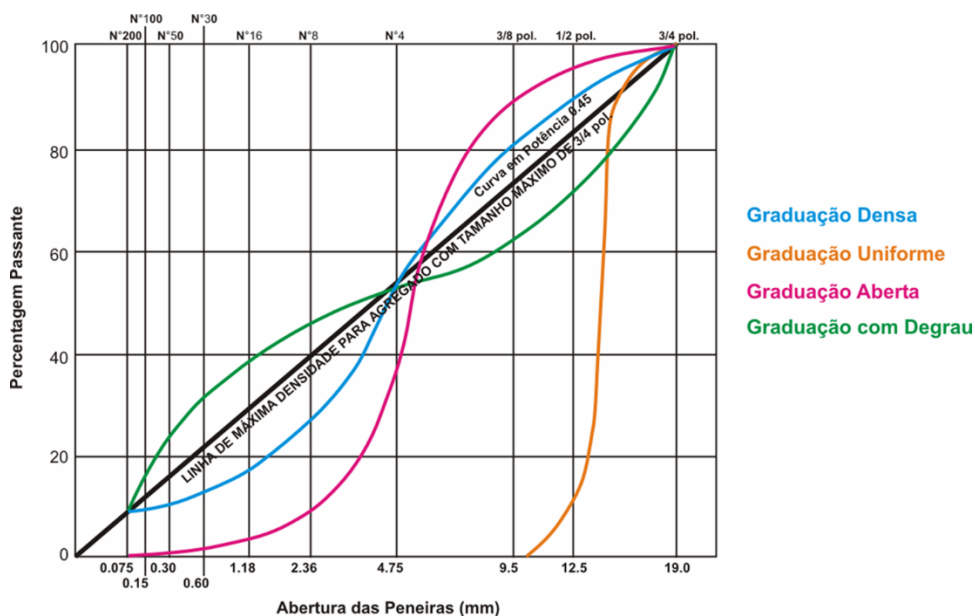
Figura 2 – (a) série de peneiras normais para agregados miúdos; (b) materiais retidos nas peneiras.



Fonte: Locatelli, 2025.

A distribuição granulométrica (Figura 3) dos agregados pode apresentar partículas de tamanho único (uniforme) ou uma variedade de tamanhos (contínua ou descontínua), o que influencia a composição do material em um determinado volume. Distribuições uniformes tendem a gerar um maior número de vazios em comparação às contínuas. Por isso, as especificações para agregados utilizados em concreto geralmente adotam curvas granulométricas contínuas, pois a redução dos vazios melhora a resistência do material (Bauer, 2019).

Figura 3 – Representação convencional de curvas granulométricas.



Fonte: Bernucci et. al, 2008.

A massa retida em cada peneira é pesada e convertida em uma distribuição percentual cumulativa, garantindo que o somatório totalize 100%. Esses dados são então organizados em tabelas (Tabela 2) e representados graficamente por curvas granulométricas, permitindo avaliar se o agregado atende às especificações normativas. A análise da granulometria influencia diretamente propriedades como a trabalhabilidade, a resistência e a durabilidade do concreto e de outras misturas, pois afeta a quantidade de vazios e a necessidade de aglomerante na composição do material (ABNT NM 248:2001).

Peneira (mm)	Material retido (g)	Material retido acumulado (g)	Material retido (%)	% Material retido acumulado	Material passante (%)
76	0,00	0,00	0,00	0,00	100
37,5	0,00	0,00	0,00	0,00	(100-0): 100
19	11,70	(0,00+11,70): 11,70	(11,70/1001,10)* 100: 1,17	1,17	(100-1,17): 98,83
9,5	759,10	(11,70+759,10): 770,80	(759,10/1001,10) *100: 75,83	(1,17+75,83): 77,00	(100-77): 23,00
4,75	225,30	(770,80+225,30): 996,10	(225,30/1001,10) *100: 22,50	(77+22,50): 99,50	(100-99,50): 0,50
Fundo	5,00	(996,10+5): 1001,10	(5/1001,10)*100: 0,50	(99,50+0,5): 100	(100-100): 0,00

Tabela 2 – Exemplo de cálculo de distribuição granulométrica.

Fonte: Locatelli, 2025.

A ABNT NBR 7211:2022 estabelece os requisitos mínimos para agregados utilizados em concreto, agregados miúdos (Tabela 3) e graúdos

(Tabela 4), determinando que devem ser compostos por grãos de minerais duros, estáveis e duráveis. Estes também não podem conter substâncias em natureza ou quantidade que comprometam a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra corrosão, a durabilidade do concreto, entre outros fatores essenciais para a qualidade da estrutura.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona utilizável	Zona ótima
9,5mm	0	0	0	0
6,3mm	0	0	0	7
4,75mm	0	0	5	10
2,36mm	0	10	20	25
1,18mm	5	20	30	50
600µm	15	35	55	70
300µm	50	65	85	95
150µm	85	90	95	100
Nota 1 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia entre 1,55 a 2,20.				
Nota 2 O módulo de finura da zona ótima varia entre 2,20 a 2,90.				
Nota 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia entre 2,90 a 3,50.				

Tabela 3 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 7211:2022.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica d/D ^a				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75mm	-	-	-	-	0-5
63mm	-	-	-	-	5-30
50mm	-	-	-	0-5	75-100
37,5mm	-	-	-	5-30	90-100
31,5mm	-	-	0-5	75-100	95-100
25mm	-	0-5	5-25 ^b	87-100	-
19mm	-	2-15 ^b	65 ^b -95	95-100	-
12,5mm	0-5	40 ^b -65 ^b	92-100	-	-
9,5mm	2-15 ^b	80 ^b -100	95-100	-	-

6,3mm	40 ^b -65 ^b	92-100	-	-	-
4,75mm	80 ^b -100	95-100	-	-	-
2,36mm	95-100	-	-	-	-

^a Zona granulométrica correspondente à menor (d) e a maior (D) dimensões do agregado graúdo

^b Em cada zona granulométrica, deve ser aceita uma variação de no máximo cinco percentuais em apenas um dos limites marcados com a nota de rodapé b. Essa variação pode também ser distribuída em vários desses limites.

Nota 1 O módulo de finura da zona 4,75/12,5 varia entre 5,77 a 6,15.

Nota 2 O módulo de finura da zona 9,5/25 varia entre 6,77 a 7,15.

Nota 3 O módulo de finura da zona 19/31,5 varia entre 7,60 a 7,95.

Nota 4 O módulo de finura da zona 25/50 varia entre 8,00 a 8,30.

Nota 5 O módulo de finura da zona 37,5/75 varia entre 8,90 a 9,05.

Tabela 4 – Limites da composição granulométrica do agregado graúdo.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 7211:2022.

TEOR DE UMIDADE

A determinação do teor de umidade dos agregados miúdos e graúdos é fundamental para garantir a precisão na dosagem dos materiais no concreto, evitando variações indesejadas na relação água/cimento. Os agregados podem absorver ou reter água em sua superfície, alterando a quantidade de água disponível na mistura. Se o teor de umidade não for considerado, pode haver excesso de água, reduzindo a resistência do concreto e aumentando a chance de retração e fissuração. Por outro lado, se o agregado estiver muito seco, pode absorver parte da água da mistura, prejudicando a hidratação do cimento e comprometendo a resistência final.

A ABNT NBR 9939:2011 determina o teor de umidade do agregado

gráudo e a ABNT NBR 9775:2011 determina o teor de umidade do agregado miúdo.

TEOR DE UMIDADE AGREGADO GRAÚDO

A norma ABNT NBR 9939:2011 estabelece os procedimentos para determinar o teor de umidade dos agregados graúdos, garantindo um controle preciso da quantidade de água na mistura do concreto. De acordo com a dimensão máxima característica do agregado, se é determinada a massa mínima da amostra de ensaio (Tabela 5).

Dimensão máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima da amostra de ensaio (g)
9,5	1 500
12,5	2 000
19	3 000
25	4 000
38	6 000
50	8 000
76	13 000

Tabela 5 – Massa mínima de amostra para ensaio.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9939:2011

O ensaio pode ser realizado por diferentes métodos através de uma amostra, que é pesada antes da secagem, registrando sua massa úmida (m_i). Após isso, seca-se o material em estufa em uma temperatura de $\pm 105^\circ\text{C}$, até atingir massa constante, e depois do resfriamento, a amostra é

novamente pesada, registrando-se a massa seca (m_2). O cálculo do teor de umidade é determinado pela equação (1) (ABNT NBR 9939:2011):

$$U = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Onde:

Equação

(1)

U = teor de umidade (%)

m_1 = massa da amostra úmida (g)

m_2 = massa da amostra seca (g)

TEOR DE UMIDADE AGREGADO MUÍDO

O método do Frasco de Chapman (Figura 4) é um ensaio expedito utilizado para determinar o teor de umidade do agregado miúdo de forma rápida e prática, sendo amplamente empregado em canteiros de obras para ajuste imediato da dosagem de concreto. O método baseia-se no deslocamento de volume de um líquido (água) quando o agregado úmido é imerso dentro do frasco. Como a água não penetra nos grãos do agregado, a diferença entre o volume inicial e final permite calcular o teor de umidade presente no material (ABNT NBR 9775:2011).

Figura 4 – Frasco de Chapman.



Fonte: Disponível em: <https://worktest2012.blogspot.com/2012/01/frasco-de-chapman.html>. Acesso em: 27 fev. 2025.

O frasco de Chapman é preenchido com 200 mL de água, uma amostra de 500 g de agregado miúdo úmido previamente pesado é adicionada ao frasco. O frasco é agitado suavemente para eliminar bolhas de ar presas entre os grãos do agregado. Após a estabilização, é feita a leitura do novo nível de líquido no frasco. O cálculo do teor de umidade do agregado é expresso em porcentagem da massa de agregado miúdo na condição saturada superfície seca (SSS) e é determinado pela equação (2) (ABNT NBR 9775:2011):

$$h = \frac{[500 - (v - 200)x_y]}{(v - 700)x_y} \times 100$$

Onde:

Equação

(2)

h é o teor de umidade superficial, expresso em porcentagem (%) da massa de agregado miúdo na condição saturada de superfície seca (SSS). O resultado deve ser arredondado ao décimo mais próximo;

v é a leitura do frasco de Chapman (volume ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo), expresso em mililitros (mL);

y é a densidade na condição saturada de superfície seca (SSS) do agregado miúdo, expressa em gramas por mililitro (g/mL).

ÍNDICE DE FORMA DO AGREGADO GRAÚDO

O índice de forma do agregado graúdo é regido pela ABNT NBR 7809:2019, é um parâmetro importante para avaliar a influência das partículas na trabalhabilidade, compactação e resistência do concreto. O método do paquímetro é um dos procedimentos utilizados para determinar a relação entre as dimensões dos grãos, classificando-os como lamelares, alongados ou equidimensionais. O ensaio consiste em secar a amostra em estufa a uma temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ até massa constante, fazer o quarteamento da amostra, e medir a amostra com um paquímetro de abertura fixa na menor espessura e no maior comprimento. A relação entre essas dimensões permite calcular o índice de forma (Equação 3), que indica a proporção de partículas alongadas e lamelares no material. A Tabela 6

indica a quantidade mínima de material para o ensaio.

Fração granulométrica (abertura da peneira)	Massa mínima da amostra inicial (kg)
> 9,5 mm e ≤ 19mm	5
> 19mm e ≤ 25mm	10
> 25mm e ≤ 37,5mm	15
>37,5mm	20

Tabela 6 – Quantidade mínima de material para o ensaio.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 7809:2019.

$$If = \frac{Cm}{Em} \times 100$$

Onde:

Equação

(3)

If é o índice de forma do agregado expresso em porcentagem

Cm = é o comprimento médio, expressa em mm

Em = é a espessura média, expressa em mm

MASSA ESPECÍFICA, MASSA ESPECÍFICA APARENTE E MASSA UNITÁRIA

A norma ABNT NM 52:2002 estabelece o método para determinação da massa específica normal e aparente dos agregados miúdos, enquanto a ABNT NM 53:2009 define a determinação da massa específica e da massa específica aparente dos agregados graúdos. A massa específica corresponde à relação entre a massa do agregado seco e seu

volume, desconsiderando os poros permeáveis. Já a massa específica aparente é calculada considerando o volume total do agregado, incluindo os poros permeáveis. Esses parâmetros são fundamentais para o controle de qualidade dos materiais e para a correta dosagem dos agregados em misturas cimentícias.

MASSA ESPECÍFICA, APARENTE E UNITÁRIA DO AGREGADO MIÚDO

Para este ensaio, a ABNT NM 52:2002 determina a massa mínima de amostra de ensaio de acordo com a dimensão máxima característica do agregado (Tabela 7).

Dimensão máxima característica (mm)	Massa mínima de amostra de ensaio (kg)
12,5	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
112	50
125	75
150	125

Tabela 7 – Massa mínima de amostra de ensaio.

Fonte: ABNT NM 52:2002.

A amostra deve ser composta por 1 kg de agregado miúdo, obtida

por **quarteamento**, garantindo a representatividade do material. A amostra é pesada em 500 g da amostra e transferidos para um frasco. A massa do conjunto é registrada. Em seguida, adiciona-se água ao frasco até próximo da marca de 500 mL, garantindo a remoção de bolhas de ar. A amostra permanece em repouso por 1 hora, e, após esse tempo, o nível da água é ajustado exatamente para 500 cm³. A massa total do frasco com o agregado e a água é então determinada. Após essa etapa, o agregado miúdo é retirado do frasco e submetido à secagem em estufa a $105 \pm 5^\circ\text{C}$ até atingir massa constante. Após o resfriamento à temperatura ambiente, a amostra é novamente pesada. Com os valores obtidos, é possível calcular a massa específica aparente com a Equação (4) e a massa específica com a Equação (6) (ABNT NM 52:2002):

$$d_1 = \frac{m}{V - V_a}$$

Onde:

Equação

(4)

d_1 é a massa específica aparente do agregado seco (g/cm³);

m é a massa da amostra seca em estufa (g);

V é o volume do frasco (cm³);

V_a é o volume de água adicionada ao frasco, (cm³) de acordo com a

Equação (5)

$$V_a = \frac{m_2 - m_1}{\rho_a}$$

Onde:

Equação

(5)

m_1 é a massa do conjunto (frasco + agregado) (g);

m_2 é a massa total (frasco + agregado + água) (g);

ρ_a é a massa específica da água (g/cm³)

$$d_3 = \frac{m}{(V - V_a) - \frac{m_s - m}{\rho_a}}$$

Onde:

Equação

(6)

d_3 é a massa específica do agregado (g/cm³);

m é a massa da amostra seca em esufa (g);

V é o volume do frasco (cm³);

V_a é o volume de água adicionado ao frasco (cm³);

m_s é a massa da amostra na condição saturada superfície seca (g);

ρ_a é a massa específica da água (g/cm³)

Os resultados obtidos nos ensaios realizados com a mesma amostra não devem apresentar uma diferença superior a 0,02 g/cm³ podemos verificar a determinação da massa específica do agregado miúdo na Figura 5.

Figura 5 – Determinação da massa específica em agregado miúdo.



Fonte: Disponível em: <https://www.arsaedificativa.com/2019/08/alguns-ensaios-com-agregados-para.html>. Acesso em: 27 fev. 2025.

Já a massa unitária pode ser calculada pela Equação (7):

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{V}$$

Onde:

Equação

(7)

ρ_{ap} é a massa unitária do agregado (kg/m³);

mar é a massa do recipiente mais o agregado (kg);

mr é a massa do recipiente vazio (kg);

V é o volume do recipiente (m^3)

MASSA ESPECÍFICA E APARENTE DO AGREGADO GRAÚDO

O ensaio para determinação da massa específica e massa específica aparente do agregado graúdo é realizado com base em um método padrão que envolve a medição da massa do material e o volume ocupado pelo agregado, considerando diferentes formas de cálculo, dependendo do tipo de massa específica que se deseja obter.

A massa específica do agregado graúdo corresponde à relação entre a massa do agregado seco e o volume dos sólidos, excluindo os poros permeáveis do material. Esse valor é obtido por meio do ensaio de determinação da massa específica, conforme a norma ABNT NM 53:2009, e é expresso em g/cm^3 ou kg/m^3 .

Remover todo o material passante pela peneira de 4,75 mm. Em seguida, proceder com a lavagem completa do agregado graúdo para remover o pó. Secar o agregado em estufa a uma temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$ até atingir peso constante. Após a secagem, deixar esfriar à temperatura ambiente por um período de 1 a 3 horas, especialmente para amostras de

ensaio cujo agregado tenha dimensão máxima característica de 37,5 mm. Depois de esfriar, submergir o agregado em água (Figura 6) à temperatura ambiente por 24 ± 4 horas. Após esse período, retire a amostra da água e envolva-a em um pano absorvente até que toda a água visível seja eliminada. Em seguida, pese a amostra na condição saturada superfície seca. A massa específica do agregado seco pode ser determinada utilizando a equação (8) conforme estabelecido na ABNT NM 53:2009.

$$d = \frac{m}{m - m_a}$$

Onde:

Equação

(8)

d é a massa específica do agregado seco (g/cm^3);

m é a massa ao ar da amostra seca (g);

m_a é a massa em água da amostra (g)

Já a massa específica aparente pode ser calculada através da Equação (9):

$$da = \frac{m}{m_s - m_a}$$

Onde:

Equação

(9)

da é a massa específica aparente do agregado seco (cm^3);

m é a massa ao ar da amostra seca (g);

m_s é a massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca (g);

m_a é a massa em água da amostra na condição saturada superfície seca (g)

Figura 6 – Equipamentos para determinação da massa específica do agregado graúdo.



Fonte: DNIT 413/2021 – ME.

A ABNT NBR 16972:2021 determina a massa unitária do agregado graúdo. A norma tem 3 métodos para esse ensaio, baseado na dimensão

máxima característica do agregado, sendo o método A $d \leq 37,5\text{mm}$, o método B $37,5\text{mm} < x < 75\text{mm}$ e método C, o material no estado solto.

Através do método A, determinar a massa do recipiente vazio e encher o recipiente com o material com 3 camadas e efetuar o adensamento mediante 25 golpes com haste em cada camada. Nivelar a camada superior com uma espátula e determinar a massa do recipiente com seu conteúdo. O método B se difere no adensamento, com 50 golpes, 25 de cada lado. Já o método C, determinar a massa do recipiente vazio, encher até que transborde, razar e determinar a massa do recipiente com o conteúdo. A massa unitária pode ser calculada através da Equação 7 acima.

ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO E À ABRASÃO LOS ANGELES

O Ensaio de Abrasão Los Angeles é um teste normatizado pela ABNT NBR 16974:2022 que avalia a resistência ao desgaste dos agregados graúdos quando submetidos a impactos e atritos mecânicos. Esse ensaio é fundamental para determinar a durabilidade dos agregados em estruturas de concreto e pavimentação, pois simula as condições de desgaste que ocorrem ao longo do tempo devido ao tráfego e outras solicitações mecânicas.

O procedimento consiste em introduzir uma quantidade específica de agregado no tambor de Los Angeles (Figura 7), junto com esferas de aço padronizadas (Tabela 8). O tambor é então girado a uma velocidade e número de rotações determinados, fazendo com que os agregados sofram impactos e atritos contínuos. Ao final do teste, o material é peneirado e a perda de massa dos grãos é calculada em relação à quantidade inicial (Equação 10), expressando-se o índice de abrasão em percentual (%). Quanto menor a perda de massa, maior a resistência do agregado ao desgaste. Esse índice é essencial para a escolha do material em aplicações que exigem alta durabilidade, como concretos estruturais, pavimentos rodoviários e revestimentos de alta resistência.

$$P = \frac{m - m_1}{m} \times 100$$

Onde:

Equação

(10)

P é a perda de massa por resistência ao impacto e à abrasão (%);

m é a massa de amostra seca (g);

m₁ é a massa de amostra retida na peneira com abertura de malha de 1,7mm (g)

Figura 7 – Ensaio de abrasão no tambor de Los Angeles.



Fonte: Disponível em:<https://stratura.com.br/wpcontent/uploads/2022/01/STRATURA-OPCAO-2-2.png.webp>. Acesso em: 28 fev. 2025.

Graduação	Número de esferas	Massa da carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3300 ± 20
D	6	2500 ± 15
E	12	5000 ± 25
F	12	5000 ± 25
G	12	5000 ± 25

Tabela 8 – Carga abrasiva.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16974:2022.

A graduação a ser utilizada pelo ensaio pode ser descrita na Tabela 9.

Peneiras com abertura mm		Amostra – massa parcial g						
Material		Graduação						
Passa	Retido	A	B	C	D	E	F	G
75	63					2500 ± 50		
63	50					2500 ± 50		

50	37,5					5000 ± 50	5000 ± 50	
37,5	25	1250 ± 25					5000 ± 25	5000 ± 25
25	19	1250 ± 25						5000 ± 25
19	12,5	1250 ± 10	2500 ± 10					
12,5	9,5	1250 ± 10	2500 ± 10					
9,5	6,3			2500 ± 10				
6,3	4,75			2500 ± 10				
4,75	2,36				5000 ± 10			
Massas totais g		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50
Número de rotações		500	500	500	500	1000	1000	1000

Tabela 9 – Graduação para o ensaio.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16974:2022.

Os ensaios realizados em agregados, como granulometria, absorção de água, massa específica e resistência, permitem avaliar suas características e adequação para diferentes aplicações. Esses testes são indispensáveis para evitar problemas como segregação, exsudação e retração excessiva, que podem comprometer a integridade e a vida útil das construções.

Dessa forma, compreender a importância dos agregados no concreto e na argamassa não apenas contribui para a otimização dos materiais, mas também reforça a necessidade de um controle tecnológico

rigoroso na construção civil. O uso adequado desses insumos reflete diretamente na sustentabilidade, no custo-benefício e na segurança das obras, tornando-se um aspecto essencial para profissionais da área.

CAPÍTULO 04

ARGAMASSAS: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

ARGAMASSAS: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

A ABNT NBR 13281:2023 define a argamassa como sendo uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregados miúdos e água, e pode conter fibras, aditivos e/ou adições em sua composição, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria.

As argamassas estão presentes em muitas etapas de uma edificação, como nos revestimentos de chapisco, emboço e reboco, assentamento de tijolos, assentamento de pisos e revestimentos, regulação de pisos. A escolha de um determinado tipo de argamassa está vinculada as condições do meio de utilização.

A ABNT NBR 13749:2013 define o chapisco como a primeira camada aplicada sobre a alvenaria, funcionando como uma base de aderência para as camadas seguintes, sendo uma ponte de ancoragem para o emboço. Após o chapisco, vem o emboço, que é uma camada mais espessa aplicada para nivelar a superfície. E o reboco é a última camada de argamassa, responsável pelo acabamento fino da superfície.

Dentre as funções das argamassas, quanto ao revestimento citam-se a proteção e regularização do substrato, absorção de deformações

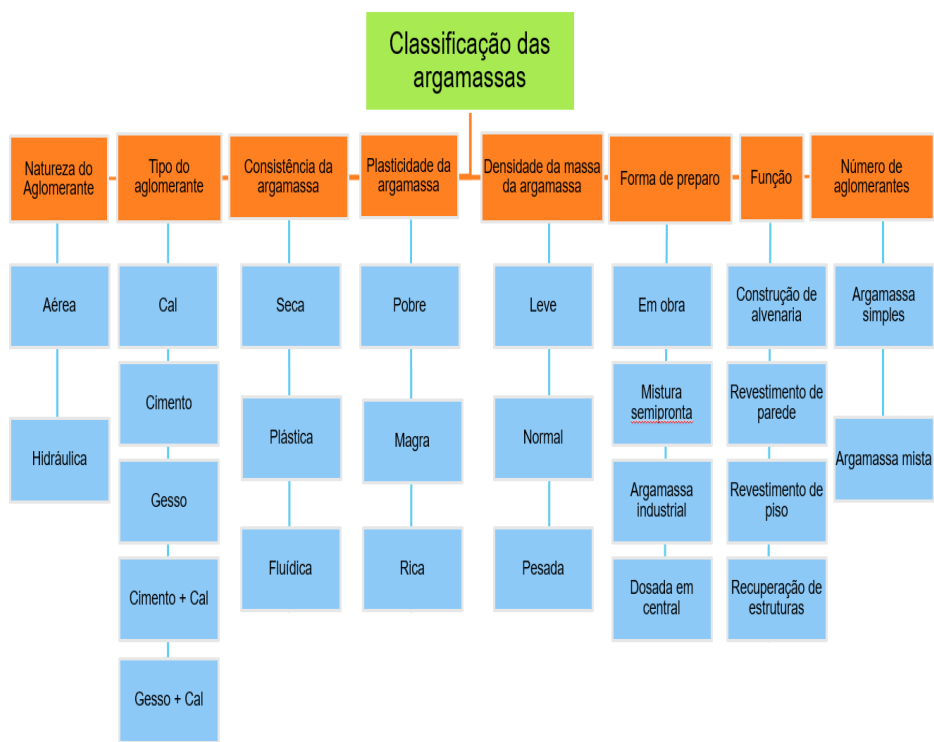
naturais, auxílio no isolamento termo-acústico, além de impermeabilizar o substrato. Já quanto ao assentamento, as argamassas unem os blocos em uma estrutura monolítica, garantem a adesão do substrato entre os elementos de revestimento de pisos e fachadas, distribuem uniformemente os esforços atuantes na alvenaria e garantem a impermeabilidade das alvenarias de elementos à vista (Recena, 2012).

Para exercer essas funções, as argamassas detém algumas propriedades como a trabalhabilidade, resistência mecânica, aderência, capacidade de absorver deformações, retração e retenção de água. Lisboa, Alves e Melo (2017) classificam a argamassa quanto a natureza e tipo do aglomerante, quanto a suas funções, consistência e elementos ativos (Figura 1).

No estado fresco, a argamassa deve apresentar um equilíbrio entre retenção de água, trabalhabilidade, retração e aderência para garantir um desempenho adequado na aplicação. A **retenção de água** é essencial para evitar a perda precoce da umidade para o substrato ou para o ambiente, garantindo a hidratação adequada do cimento e prevenindo fissuras iniciais. A **trabalhabilidade** está relacionada à facilidade de mistura, transporte e aplicação

da argamassa, devendo permitir um manuseio homogêneo sem segregação dos materiais. A **retração**, por sua vez, ocorre devido à evaporação da água e pode levar à formação de fissuras se a dosagem não for corretamente ajustada. Já a **aderência no estado fresco** é fundamental para que a argamassa fixe-se bem ao substrato, evitando descolamentos prematuros e garantindo um acabamento uniforme (Lisboa; Alves; Melo, 2017).

Figura 1 – Classificação das argamassas.

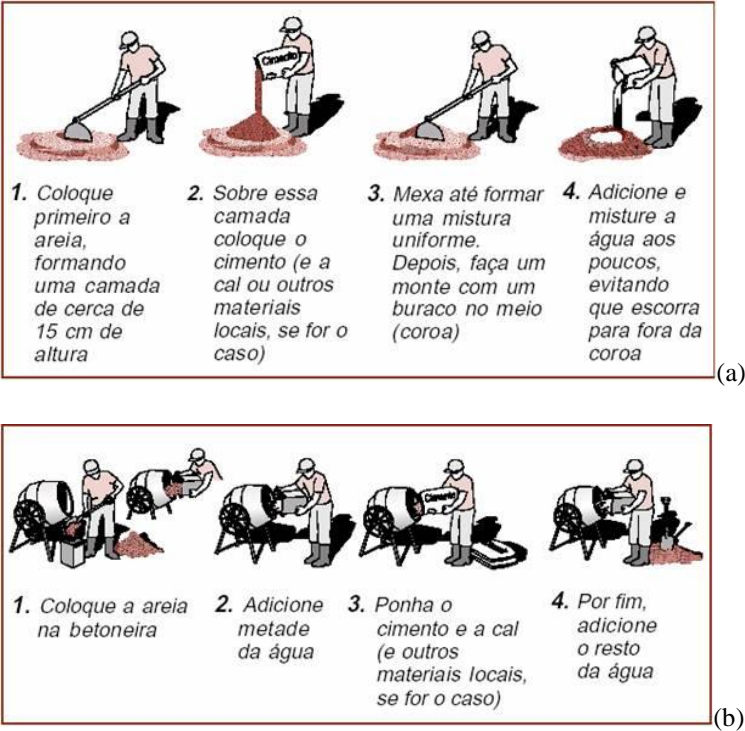


Fonte: Locatelli, 2025.

O preparo da argamassa utilizada para assentamento de tijolos e revestimentos de parede, podem ser preparadas a mão ou na betoneira (Figura 2). Quando preparadas a mão, fazer uma camada de cerca de 15cm de areia, adicionar o cimento e mexer, fazer uma coroa (buraco) central, adicionar a água aos poucos e ir mexendo para que não escorra para fora. Quando preparadas na betoneira, colocar a areia e metade da água e misturar, após isso, o cimento e o restante da água e misturar até ficar em uma boa consistência (Cimento.org, 2010).

No estado endurecido, a argamassa deve apresentar **resistência mecânica** adequada para suportar cargas e tensões ao longo do tempo, evitando desagregações e falhas estruturais. A **baixa porosidade** é essencial para minimizar a absorção de água e a penetração de agentes agressivos, prevenindo o desgaste precoce e aumentando a **durabilidade** do revestimento. Uma **aderência** eficaz ao substrato garante que a argamassa permaneça fixada, evitando deslocamentos e garantindo a estabilidade do sistema construtivo. Todas essas propriedades estão diretamente relacionadas às condições do estado fresco (Recena, 2012).

Figura 2 – (a) preparo a mão; (b) preparo na betoneira.



Fonte: Cimento.org, 2010.

A ABNT NBR 13749:2013 dispõe sobre o uso das argamassas para revestimentos de tetos e paredes, tendo como espessuras admissíveis o descrito na Tabela 1 e limites de resistência de aderência à tração (R_a) para emboço e camada úmida na Tabela 2.

Revestimento	Espessura (e) mm
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Tabela 1 – Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 13749:2013.

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica	$\geq 0,30$
Teto			$\geq 0,20$

Tabela 2 – Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada úmida.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 13749:2013.

TRAÇOS

O traço é a indicação da quantidade de cada componente utilizado na preparação de argamassas e concretos. Ele pode ser especificado de duas formas principais: traço em proporção e traço em massa, cada um adequado para diferentes necessidades de controle e precisão na obra.

O traço em proporção é indicado por uma relação volumétrica entre os materiais, geralmente expressa em baldes, latas ou caixas medidoras. Por exemplo, um traço de 1:2:3 para concreto significa que são utilizadas 1 parte de cimento, 2 partes de areia e 3 partes de brita, todas medidas em volume. Esse método é bastante usado em obras menores e em canteiros de obra onde a pesagem dos materiais não é prática.

Já o traço em massa é definido pela relação entre os componentes medidos pelo seu peso. Por exemplo, um traço de 1:2:3 em massa significa

1 kg de cimento, 2 kg de areia e 3 kg de brita. Esse método garante maior precisão e uniformidade, sendo o mais utilizado em usinas de concreto e projetos que exigem controle rigoroso das propriedades da mistura.

Cada aplicação exige um traço específico para garantir a aderência, resistência e durabilidade adequadas. O Caderno Técnico de Composição para Argamassas do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) estabelece diretrizes sobre os traços em proporção recomendados para diferentes tipos de argamassas (Bazarretti, 2022):

- Assentamento de Tijolo Comum/Alicerce (1:2:8)
- Assentamento de Bloco de Concreto de Enchimento (1:0,5:8)
- Assentamento de Blocos de Vidro (1:0,5:5)
- Chapisco sobre Concreto (1:3)
- Chapisco sobre Alvenaria (1:4)
- Chapisco para Impermeabilização (1:2)
- Reboco Externo para Pintura (1:3 - cal + areia)
- Assentamento Interno de Azulejos e Ladrilhos (1:1:5)
- Piso (colocação de ladrilhos) (1:0,5:5)

ARGAMASSAS COLANTES INDUSTRIALIZADAS

A ABNT NBR 14081:2012 define a argamassa colante industrializada como um material composto por cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos. Quando misturada com água, essa composição forma uma massa plástica e aderente, utilizada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento de pisos e paredes (Figura 3).

A norma classifica a argamassa colante em três tipos, de acordo com sua resistência e aplicação:

- **AC I:** Indicado para assentamento de placas cerâmicas em áreas internas, como paredes e pisos de ambientes secos. Não é recomendado para áreas molhadas ou externas.
- **AC II:** Possui maior resistência à umidade e variações térmicas, sendo adequada para assentamento de cerâmicas em áreas externas, fachadas e ambientes úmidos, como banheiros e cozinhas.
- **AC III:** Apresenta alta resistência mecânica e à variação térmica, sendo ideal para revestimentos em piscinas, saunas, fachadas de prédios e locais sujeitos a grandes variações de temperatura e

umidade. Indicada também para placas maiores que 60x60cm (Bazarretti, 2022).

- **AC E:** A argamassa AC E é uma argamassa colante industrializada dos tipos I, II e III, caracterizada pelo tempo em aberto estendido, proporcionando um maior período para aplicação e aderência (Pereira, 2018).

Figura 3 – Assentamento de piso cerâmico.



Fonte: Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/treinamentos/calcula-a-quantidade-de-argamassa-colante-para-assentar-revestimentos-ceramicos/>. Acesso em: 05 mar. 2025.

ARGAMASSA REFRAATÁRIA

A argamassa refratária é um material essencial na construção e manutenção de estruturas expostas a altas temperaturas, como fornos,

churrasqueiras, lareiras e caldeiras. Desenvolvida para suportar temperaturas extremas sem perder sua resistência mecânica, essa argamassa é composta por materiais cerâmicos especiais, cimento aluminoso e agregados resistentes ao calor (Quartzolit, s.d.).

ENSAIOS EM ARGAMASSAS

Aqui estão alguns dos principais ensaios realizados em argamassas e concretos, juntamente com suas respectivas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas):

1. Ensaio de Caracterização no Estado Fresco

- Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado – ABNT NBR 13278:2005
- Determinação do índice de consistência – ABNT NBR 13276:2016
- Determinação do tempo de pega – ABNT NBR 16607:2018
- Determinação da retenção de água – ABNT NBR 13277:2005

2. Ensaio de Caracterização no Estado Endurecido

- Determinação da resistência à compressão axial – ABNT NBR 13279:2005 (Figura 4)
- Determinação da resistência à tração na flexão – ABNT NBR 13279:2005 (Figura 5)

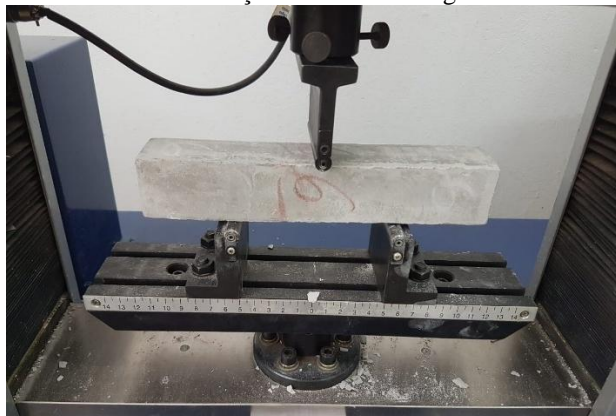
- Determinação da absorção de água por capilaridade – ABNT NBR 15259:2005
- Determinação da aderência à tração – ABNT NBR 13528:2019
- Determinação da densidade aparente – ABNT NBR 13280:2005
- Determinação da retração por secagem – ABNT NBR 15261:2005
- Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica – ABNT NBR 9778:2005 (Figura 6)

Figura 4 – Ensaio de resistência à compressão axial da argamassa.



Fonte: Locatelli, 2025.

Figura 5 – Ensaio de resistência à tração na flexão da argamassa.



Fonte: Locatelli, 2025.

Figura 6 – Ensaio de absorção de água por imersão da argamassa.



Fonte: Locatelli, 2025.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Para reforçar o aprendizado sobre argamassas, a seguir serão apresentados três exemplos didáticos de cálculo.

Exemplo 1

Com base no traço unitário (proporção) abaixo, determine o traço em massa considerando um saco de cimento de 50 kg (cimento, cal e areia).

- a) 1:3 b) 1:2:6 c) 1:3:9 d) 1:4
e) 1:0,5:3

Resolução:

- a) 50:150 (kg) b) 50:100:300 (kg) c) 50:150:450 (kg)
d) 50:200 (kg) e) 50:25:150 (kg)

Exemplo 2

Dado o traço unitário (seco) abaixo, calcule o traço em massa considerando as seguintes massas unitárias dos materiais (cimento e areia e cimento, cal e areia):

- Cimento: 1,44 kg/dm³
- Areia seca: 1,45 kg/dm³
- Cal: 0,9 kg/dm³

- a) 1:3 b) 1:2:8

Resolução:

a) Cimento 1,44 kg/dm³ x 1 (dm³): 1,44 kg

Areia: 1,45 kg/dm³ x 3 (dm³): 4,35kg

Representação do traço: 1,44 : 4,35 (kg)

b) Cimento $1,44 \text{ kg/dm}^3 \times 1 \text{ (dm}^3\text{)}: 1,44 \text{ kg}$

Cal: $0,9 \text{ kg/dm}^3 \times 2 \text{ (dm}^3\text{)}: 1,80 \text{ kg}$

Areia: $1,45 \text{ kg/dm}^3 \times 8 \text{ (dm}^3\text{)}: 11,60 \text{ kg}$

Representação do traço: 1,44 : 1,80 : 11,60 (kg)

Exemplo 3

Você é responsável pelo planejamento da produção diária da central de argamassa da obra, que precisa fornecer 1 m^3 de argamassa para o assentamento de alvenaria. A argamassa utilizada possui um traço seco de 1:2:9 (cimento, cal e areia).

Dados:

- Massa unitária cimento: $1,43 \text{ kg/dm}^3$
- Massa unitária cal aérea: $0,9 \text{ kg/dm}^3$
- Massa unitária areia seca: $1,46 \text{ kg/dm}^3$
- $i \text{ (}\% \text{)}_{\text{areia}} = 25\%$; $h \text{ (}\% \text{)} = 4,5\%$

Pede-se:

- a) Traço (seco) em massa para 1 saco de cimento 50kg
- b) Traço em massa para 1 m^3 de argamassa

c) Traço (úmido) em massa para 1m³ de argamassa

d) Traço (úmido) em massa para 1 saco de cimento 50kg

Resolução:

a) **50:100:450 (kg)**

b) Cimento: 1,43 kg/dm³ x 1 (dm³): 1,43kg

Cal: 0,90 kg/dm³ x 2 (dm³): 1,8kg

Areia: 1,46 kg/dm³ x 9 (dm³): 13,14 kg

Representação do traço em massa (divide-se todos pela massa do cimento):

$$\frac{1,43}{1,43} : \frac{1,80}{1,43} : \frac{13,14}{1,43} = \mathbf{1 : 1,26 : 9,19 (kg)}$$

Para 1m³:

1 parte de cimento + 2 partes de cal + 9 partes de areia: 12 partes totais

Cimento: 1/12: 0,0833 m³

Cal: 2/12: 0,1667 m³

Areia: 9/12: 0,75m³

Cimento: 0,0833 x 1,43 x 1000: 119,1 kg

Cal: 0,1667 x 0,90 x 1000: 150,00 kg

Areia: 0,75 x 1,46 x 1000: 1095,00 kg

119,10: 150,00: 1095,00 (kg)

c) Correção da areia para umidade

A areia possui 25% de inchamento, o que significa que seu volume no estado seco está expandido. Para corrigir a massa de areia úmida, usamos a relação:

$$\text{Areia úmida} = \frac{\text{Areia seca}}{1 + \frac{i}{100}}$$

$$\text{Areia úmida} = \frac{1095,00}{1 + \frac{25}{100}} = 876,00 \text{ kg}$$

Correção da água na argamassa

A argamassa contém 4,5% de umidade, então a massa total úmida será:

$$\text{Massa total úmida} = 119,10 + 150,00 + 876,00 \times \left(1 + \frac{4,5}{100}\right)$$

$$\text{Massa total úmida} = 1145,10 \times 1,045 = 1196,7 \text{ kg}$$

Portanto, o traço úmido em massa para 1 m³ é aproximadamente:

$$\mathbf{119,10 : 150,00 : 876,00 \text{ (kg)}}$$

d) Divide-se todos pela massa do cimento:

$$\frac{119,10}{119,10} : \frac{150,00}{119,10} : \frac{876,00}{119,10} = 1 : 1,26 : 7,35 \text{ (kg)} \times 50\text{kg}$$

Multiplica-se todos para 1 saco cimento 50 kg: **50: 63: 367,50 (kg)**

PATOLOGIAS EM ARGAMASSAS

Os revestimentos argamassados desempenham um papel essencial na proteção e acabamento das edificações. No entanto, devido a diversos fatores, podem surgir patologias que comprometem sua estética e funcionalidade. As principais patologias em revestimentos argamassados incluem fissuras, destacamentos, mofo, eflorescências e desagregações.

O destacamento (Figura 7) ocorre quando há a perda de aderência entre o revestimento e a base, formando áreas ocas ou deslocadas. Isso pode ser consequência de aplicação inadequada, incompatibilidade entre os materiais ou presença de umidade excessiva (Caporrino, 2018).

Figura 7 – Deslocamento de reboco.



Fonte: Disponível em: https://drzapi.com.br/wp-content/uploads/2023/03/5dafcb5c5103fc5e15eacd71_17-scaled.jpeg. Acesso em: 05 mar. 2025.

As fissuras são manifestações frequentes e podem ser causadas por retração da argamassa, movimentações estruturais ou falhas na execução. Elas podem ser classificadas em fissuras plásticas, que ocorrem durante a secagem, e fissuras de origem estrutural, que resultam de movimentações da edificação (Caporrino, 2018).

As eflorescências (Figura 8) são depósitos esbranquiçados na superfície do revestimento, causados pela migração de sais solúveis através da argamassa. Geralmente, são decorrentes da presença de umidade e podem ser minimizadas pelo uso de materiais de boa qualidade e controle adequado da umidade na obra (Nakamura, 2019).

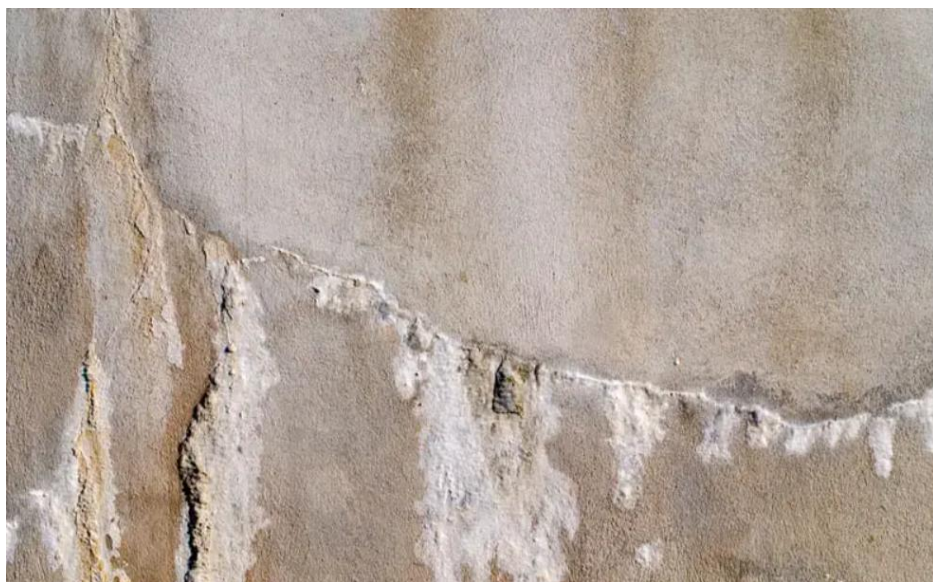
A desagregação ocorre quando o revestimento perde sua coesão, resultando no desprendimento de partículas. Esse problema pode estar relacionado à baixa resistência da argamassa, exposição a agentes agressivos ou falhas na cura.

O mofo é um problema recorrente em ambientes com alta umidade e ventilação inadequada. Ele se manifesta como manchas escuras ou esverdeadas na superfície do revestimento e pode comprometer a saúde dos ocupantes. A principal causa do mofo é a umidade excessiva, podendo ser resultado de infiltrações, condensação ou falta de ventilação. Para

evitar o surgimento de mofo, é essencial garantir a estanqueidade das superfícies, promover a ventilação adequada dos ambientes e utilizar revestimentos com tratamento antifúngico (G1, 2017).

Para prevenir essas patologias, é fundamental adotar boas práticas na escolha dos materiais, na preparação das superfícies e na execução do revestimento. A manutenção periódica e a inspeção das edificações contribuem para a durabilidade e o bom desempenho dos revestimentos argamassados.

Figura 8 – Eflorescência na alvenaria.



Fonte: Disponível em: <https://arquitetura.vivadecora.com.br/eflorescencia/>. Acesso em: 05 mar. 2025.

CAPÍTULO 05

CONCRETO: DOSAGEM, PROPRIEDADES E MÉTODOS

CONCRETO: DOSAGEM, PROPRIEDADES E MÉTODOS

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil devido à sua versatilidade, resistência e durabilidade. A dosagem do concreto é um processo fundamental para garantir que a mistura atenda às especificações do projeto, levando em consideração fatores como resistência mecânica, trabalhabilidade, durabilidade e custo-benefício. Métodos empíricos e experimentais são aplicados para definir as proporções ideais dos materiais, resultando em um concreto adequado para diferentes tipos de estruturas e condições ambientais.

O concreto é o principal material responsável por absorver os esforços de compressão em uma estrutura, enquanto o aço desempenha o papel de resistir aos esforços de tração. Ademais, devido às propriedades dos seus componentes, o concreto atua como uma camada protetora do aço, ajudando a preservar sua integridade contra intempéries e outros agentes que possam comprometer seu desempenho (Parizotto, 2017).

O conhecimento das propriedades do concreto fresco e endurecido também é essencial para garantir sua aplicação eficiente e segura. O concreto fresco deve apresentar fluidez e coesão suficientes para o lançamento e adensamento, enquanto o concreto endurecido deve alcançar

resistência, durabilidade e estabilidade ao longo do tempo.

COMPOSIÇÃO E DEFINIÇÃO

Composto basicamente por cimento, agregados (miúdo e graúdo), água e, em alguns casos, aditivos, sua qualidade e desempenho dependem diretamente da correta dosagem e dos métodos empregados na sua produção, transporte, lançamento, adensamento e cura (Bauer, 2019).

O concreto é um material resultante da mistura homogênea de cimento, agregados miúdo e graúdo e água, podendo conter componentes adicionais, como aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros materiais pozolânicos. Suas propriedades são desenvolvidas a partir do processo de endurecimento da pasta de cimento (ABNT NBR 12655:2022).

O concreto é classificado de acordo com sua massa específica, podendo ser leve, normal ou pesado (ABNT NBR 12655:2022):

- O **concreto normal** é o mais utilizado na construção civil, possuindo uma massa específica entre 2.000 kg/m^3 e 2.800 kg/m^3 . Ele é composto por cimento, agregados miúdo e graúdo, água e, em alguns casos, aditivos, sendo aplicado em diversos tipos de estruturas, como lajes, pilares, vigas e fundações.

- O **concreto leve** possui uma massa específica inferior a 2.000 kg/m³, sendo utilizado quando há necessidade de redução de carga estrutural. Isso é alcançado pela utilização de agregados leves, como argila expandida, vermiculita ou isopor, ou ainda pela introdução de ar incorporado. Esse tipo de concreto é comum em lajes pré-moldadas, elementos de vedação e estruturas onde se deseja isolamento térmico e acústico.
- O **concreto pesado** apresenta uma massa específica superior a 2.800 kg/m³, sendo empregado em estruturas que necessitam de alta densidade e proteção contra radiação, como usinas nucleares e hospitais. Para isso, utilizam-se agregados de alta densidade, como barita, hematita ou magnetita.

ADITIVOS E ADIÇÕES

A ABNT NBR 12655:2022 define que os aditivos são produtos adicionados ao concreto em pequenas quantidades (até 5%), antes ou durante a mistura, com a finalidade de modificar suas propriedades no estado fresco ou endurecido. Já de acordo com a ABNT NBR 11768:2019, os aditivos principais para concreto são classificados da seguinte forma:

- **Redutor de água/plastificante (P):** Reduz a quantidade de água

necessária na mistura, melhorando a trabalhabilidade sem comprometer a resistência.

- **Retardador de pega (R):** Aumenta o tempo de pega do concreto, útil para concretagens em climas quentes ou grandes volumes.
- **Superplastificante tipo I (SP):** Promove alta redução de água, melhorando a fluidez da mistura sem comprometer suas propriedades mecânicas.
- **Superplastificante tipo II (SP):** Também proporciona alta redução de água, porém com características específicas conforme a necessidade do concreto.
- **Incorporador de ar (IA):** Introduz pequenas bolhas de ar no concreto, aumentando sua durabilidade, especialmente em ambientes sujeitos a ciclos de congelamento e degelo.
- **Acelerador de pega (AP):** Reduz o tempo de pega e aumenta a resistência inicial do concreto, sendo útil em concretagens rápidas ou em baixas temperaturas.

Já as adições, a ABNT NBR 11172:1990 estabelece os critérios para a utilização minerais no concreto, materiais que são incorporados à mistura para melhorar suas propriedades físicas e mecânicas. Essas adições

podem ser classificadas como pozolânicas ou inerte/fíleres, dependendo de sua reatividade química com o cimento. Existem cimentos disponíveis no mercado que já contém adições minerais, como a **pozolana** (CP II-Z), **fíler** (CP II-F) e **escória** (CP II-E).

As principais adições pozolânicas incluem:

- **Cinza volante:** Subproduto da queima do carvão mineral, melhora a durabilidade e reduz a permeabilidade do concreto.
- **Sílica ativa:** Material altamente reativo que aumenta a resistência mecânica e a impermeabilidade.
- **Metacaulim:** Obtenção a partir da calcinação da caulinita, melhora a resistência e reduz a retração do concreto.

Já os fíleres inertes, como o **fíler calcário**, são compostos por partículas finas de calcário, que melhoram a coesão e a trabalhabilidade do concreto sem alterar significativamente suas propriedades mecânicas.

ÁGUA DE AMASSAMENTO

A água utilizada no amassamento do concreto deve cumprir com os requisitos físicos e químicos definidas pela ABNT NM 137:1997 e ABNT NBR 15900:2009. Para isso, águas superficiais, de captação pluvial, residuais e subterrâneas, devem ser submetidas a ensaios

laboratoriais. Esses testes determinam teores máximos de cloretos, sulfatos, álcalis, pH e matéria orgânica, entre outros parâmetros. Já a água fornecida pela concessionária de abastecimento público é considerada adequada para a produção de concretos e argamassas, dispensando a necessidade de ensaios.

FATOR A/C

A relação água/cimento (A/C) é um dos fatores mais determinantes na qualidade e no desempenho do concreto. Ela representa a proporção entre a quantidade de água e a quantidade de cimento na mistura e influencia diretamente na resistência mecânica, na durabilidade, na permeabilidade e na trabalhabilidade do concreto.

Quanto menor a relação A/C, maior a resistência do concreto, pois o excesso de água pode enfraquecer a pasta cimentícia, gerando maior porosidade após a evaporação. Para concretos estruturais, a relação A/C geralmente varia entre 0,40 e 0,60, garantindo resistência e durabilidade adequadas. A ABNT NBR 6118:2023 dispõe a relação entre classe de agressividade ambiental (Tabela 1) e relação água cimento do concreto (Tabela 2).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fracá	Rural	Insignificante
		Submerso	
II	Moderada	Urbano ^{a,b}	Pequeno
III	Forte	Marinho ^a	Grande
		Industrial ^{a,b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a,c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas, elementos em contato com solo contaminado ou água subterrânea contaminada.

Tabela 1 – Classes de agressividade ambiental (CAA).

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118:2023.

Concreto ^a	Tipo ^{b,c}	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤0,65	≤0,60	≤0,55	≤0,45
	CP	≤0,60	≤0,55	≤0,50	≤0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥C20	≥C25	≥C30	≥C40
	CP	≥C25	≥C30	≥C35	≥C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

^b CA corresponde a componente e elementos estruturais de concreto armado.

^c CP corresponde a componente e elementos estruturais de concreto protendido.

Tabela 2 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6118:2023.

Uma relação A/C elevada pode comprometer a durabilidade do concreto, pois aumenta sua porosidade, facilitando a penetração de agentes agressivos, como cloretos e sulfatos, que podem acelerar a corrosão da armadura. Concretos sujeitos a condições severas, como ambientes marítimos ou industriais, requerem uma relação A/C reduzida para minimizar esses efeitos.

PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

O concreto, no estado fresco, apresenta uma série de propriedades que influenciam diretamente sua aplicação e a qualidade final da estrutura. Durante as etapas de mistura, transporte, lançamento e adensamento, é essencial compreender essas características para garantir um bom desempenho da mistura e evitar problemas na obra.

A **trabalhabilidade** pode ser definida como a quantidade de trabalho interno útil necessária para alcançar o adensamento total do concreto. Esse trabalho interno útil corresponde à energia requerida para superar o atrito entre as partículas do concreto, sendo uma propriedade física inerente do material. No entanto, na prática, há um consumo adicional de energia para vencer o atrito entre o concreto e as fôrmas ou

armaduras (Neville; Brooks, 2013).

A trabalhabilidade do concreto é influenciada por diversos fatores, incluindo a quantidade de água, o tipo e a granulometria dos agregados, a relação água/cimento, a presença de aditivos e a finura do cimento. Os agregados leves, por exemplo, tendem a reduzir a trabalhabilidade, exigindo ajustes na composição da mistura. Na prática, a trabalhabilidade é determinada pelas proporções volumétricas das partículas de diferentes tamanhos. Quando agregados de massas específicas distintas são utilizados, como os agregados leves, a dosagem da mistura deve ser baseada no volume absoluto de cada fração granulométrica, garantindo uma distribuição equilibrada dos materiais (Neville; Brooks, 2013).

A **consistência** é um dos principais fatores que influenciam a trabalhabilidade do concreto, determinando sua fluidez e capacidade de acomodação nas fôrmas sem segregação. A escolha da consistência adequada é essencial para garantir a qualidade da mistura e a eficiência do processo de concretagem, variando conforme o tipo de estrutura, o método de lançamento e as condições da obra (Bauer, 2019).

Entre os ensaios mais utilizados para avaliar a consistência, destaca-se o ensaio de abatimento do tronco de cone (*slump test*), que

fornece uma indicação prática da fluidez do concreto. Outros métodos incluem o ensaio de espalhamento (*flow test*), o ensaio Vebe, e o ensaio da caixa de L (*L-box test*), cada um adequado a diferentes tipos de concreto e aplicações específicas.

A **segregação** e a **exsudação** são fenômenos que podem comprometer a qualidade do concreto fresco. A segregação ocorre quando há separação dos componentes da mistura, resultando em uma distribuição desigual dos agregados e da pasta de cimento. Já a exsudação se manifesta pela liberação de água na superfície do concreto, podendo afetar sua resistência e aderência às armaduras (Curti, 2020).

Outro aspecto fundamental é a **pega do concreto**, que corresponde à transição da mistura do estado plástico para o endurecido. O tempo de pega pode variar conforme fatores como temperatura, tipo de cimento e aditivos utilizados. A **retração plástica** pode ocorrer quando há perda excessiva de umidade antes do endurecimento, levando ao surgimento de fissuras superficiais que podem comprometer a durabilidade da estrutura, podendo ser evitado com o umedecimento do substrato (Cava, 2018).

SLUMP TEST

O ensaio de consistência (Figura 1), conhecido como *slump test*, é

realizado posicionando uma placa metálica sobre uma superfície rígida e apoiando o molde do ensaio sobre ela. O concreto é inserido em três camadas, sendo cada uma adensada com 25 golpes utilizando uma haste. Após o preenchimento, o molde é removido lentamente e invertido. Em seguida, a haste é colocada sobre o molde e o concreto para medir o abatimento, ou seja, a diferença de altura que o concreto sofreu após a remoção do molde (ABNT NBR 16889:2020). A consistência do concreto é relacionada a resistência, pois o fator a/c influencia diretamente na resistência do material.

Figura 1 – Ensaio de consistência (*Slump test*)



Fonte: Locatelli, 2025.

PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO

Após o processo de pega e endurecimento, o concreto adquire características fundamentais que determinam seu desempenho estrutural e sua durabilidade ao longo do tempo. As propriedades do concreto no estado endurecido são essenciais para garantir a segurança e a estabilidade das construções, influenciando diretamente o dimensionamento das estruturas.

Dentre os principais parâmetros a serem considerados, destaca-se a **resistência mecânica**, que indica a capacidade do concreto de suportar esforços de compressão, tração e cisalhamento. A **deformabilidade** também é um fator importante, abrangendo aspectos como deformações mecânicas, variações térmicas e fenômenos de retração, que podem impactar a integridade estrutural (Filho *et al.*, 2019).

Um dos ensaios mais utilizados para medição de resistência do concreto, é o **ensaio de compressão** (Figura 2). O teste é realizado em corpos de prova cilíndricos (10 cm x 20 cm ou 15 cm x 30 cm), moldados e curados conforme normas técnicas. Os corpos de prova são submetidos a uma carga axial crescente até a ruptura, e o valor obtido é utilizado para classificar o concreto (ABNT NM 101:1996).

Figura 2 – Ensaio de compressão do concreto.



Fonte: Disponível em: <https://www.testecon.com.br/wp-content/uploads/2019/06/Resist%C3%A2ncia-compress%C3%A3o-concreto-1-600x800.jpg>. Acesso em: 03 abril 2025.

Embora o concreto tenha alta resistência à compressão, sua resistência à tração é relativamente baixa, o que pode comprometer seu desempenho em determinadas aplicações estruturais. Existem três métodos principais para avaliar essa propriedade:

- **Ensaio de Tração Direta:** pouco utilizado devido à dificuldade de aplicação uniforme da carga.
- **Ensaio de Tração por Compressão Diametral (ABNT NBR 7222:2011):** consiste em aplicar uma carga compressiva ao longo do diâmetro de um corpo de prova cilíndrico, induzindo tensões de

tração (Figura 3).

- **Ensaio de Tração na Flexão (ABNT NM 55:1996):** avalia a resistência do concreto sob esforços de flexão, sendo comum em pavimentos de concreto e peças estruturais esbeltas.

Figura 3 – Ensaio de tração por compressão diametral.



Fonte: Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Ensaio-de-resistencia-a-tracao-por-compressao-diametral-Fonte-autoria-propria_fig2_348522003. Acesso em 03 abril 2025.

Outro aspecto essencial é a **durabilidade**, que se refere à capacidade do concreto de resistir a agentes agressivos, intempéries e processos de deterioração ao longo do tempo. Os esforços gerados pelo peso próprio da estrutura devem ser considerados no dimensionamento

para evitar problemas como fissurações ou deslocamentos excessivos. Diferentes condições ambientais e de uso podem desencadear processos degenerativos, geralmente de evolução lenta, que, se não controlados, podem comprometer progressivamente a integridade da estrutura até sua desagregação completa (Bauer, 2019).

A **permeabilidade** e a **porosidade** do concreto são fatores fundamentais que influenciam diretamente sua resistência mecânica e durabilidade. A porosidade refere-se à quantidade de vazios presentes na matriz do concreto, enquanto a permeabilidade diz respeito à facilidade com que líquidos e gases podem atravessar esses poros (Cava, 2018).

A relação entre porosidade e resistência mecânica é inversa: quanto maior a porosidade do concreto, menor sua resistência. Isso ocorre porque uma estrutura porosa contém mais espaços vazios que reduzem a capacidade de suporte de cargas e aumentam a suscetibilidade à deterioração por agentes agressivos, como a penetração de água, sulfatos, cloretos e dióxido de carbono.

Já o **módulo de elasticidade** do concreto, mede sua rigidez, ou seja, a capacidade de deformação sob a aplicação de cargas. Esse parâmetro é essencial para a previsão de deslocamentos e fissuração em

elementos estruturais, sendo diretamente influenciado pela resistência à compressão e pela composição dos agregados. O ensaio de módulo de elasticidade é realizado em corpos de prova cilíndricos submetidos a esforços de compressão axial. Durante o teste, mede-se a deformação do concreto em diferentes níveis de tensão, permitindo determinar o módulo de elasticidade estático. Esse valor é utilizado em cálculos estruturais para prever a resposta da estrutura sob cargas e minimizar deformações excessivas.

PREPARO DO CONCRETO

1. Preparo Manual

O preparo manual é indicado para pequenas obras ou serviços pontuais, onde o volume de concreto não justifica o uso de equipamentos maiores. Possui baixo custo, porém demanda por mais esforço físico, além de ser menos uniforme e produtivo. O processo é o seguinte (Figura 4):

Escolha do local: Seleciona-se uma superfície firme e limpa, como um piso de concreto ou uma lona estendida no chão.

Mistura dos agregados secos: Primeiramente, mistura-se os agregados secos, faz-se uma cama de areia, adiciona-se o cimento, garantindo uma distribuição homogênea. Em seguida, adiciona-se a brita e mistura-se bem

até que a cor fique uniforme.

Adição da água: Faz-se uma coroa na mistura, a água é colocada aos poucos, enquanto a mistura é revolvida com pás ou enxadas, até atingir a consistência desejada. A quantidade de água deve ser controlada para não comprometer a resistência do concreto.

Homogeneização: É importante revolver a mistura várias vezes para garantir que não haja partes secas ou excesso de água em algum ponto.

Figura 4 – Preparo manual do concreto.



Fonte: Disponível em: <https://petcivilufjf.wordpress.com/2012/06/12/concreto-virado-em-obra/>. Acesso em: 09 abril 2025.

2. Preparo com Betoneira

O uso de betoneira é recomendado para médias e grandes obras,

por permitir maior produção com melhor qualidade da mistura, mas há a necessidade de energia elétrica e maior custo inicial (compra ou aluguel do equipamento) (Figura 5).

Ligação e inclinação da betoneira: A betoneira é ligada e colocada em uma leve inclinação para facilitar a mistura.

Adição dos materiais: Primeiro, coloca-se a pedra e parte da água, seguida do cimento e mistura-se. Por fim adiciona-se a areia e o resto da água, que é colocada aos poucos.

Tempo de mistura: A betoneira deve girar por aproximadamente 3 a 5 minutos, até que a mistura fique homogênea.

Descarregamento: O concreto é despejado em carrinhos de mão ou diretamente na forma, conforme a necessidade da obra.

Figura 5 – Preparo do concreto em betoneira.



Fonte: Disponível em: <https://petcivilufjf.wordpress.com/2012/06/12/concreto-virado-em-obra/>. Acesso em: 09 abril 2025.

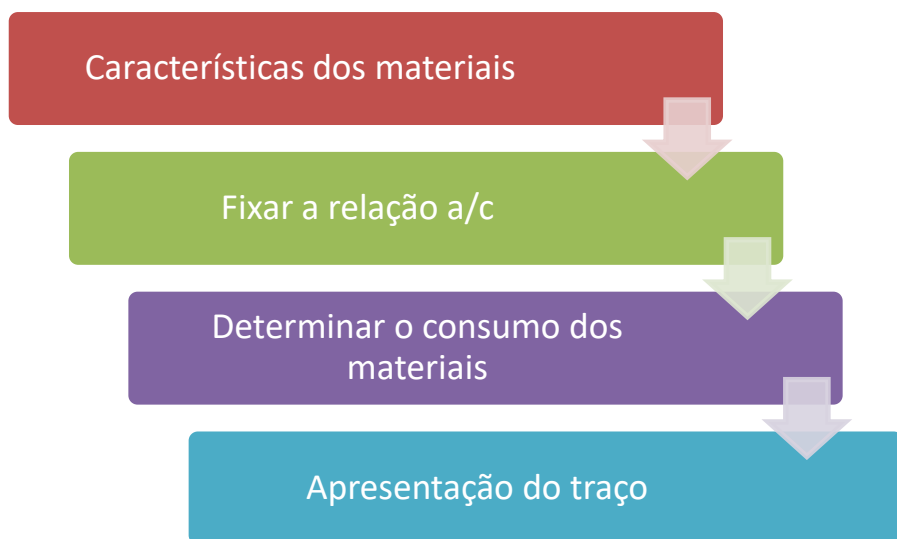
DOSAGEM DO CONCRETO MÉTODO ABCP

A dosagem do concreto é um processo essencial, pois determina as proporções ideais dos materiais que compõem o concreto – cimento, agregados, água e aditivos – para garantir as propriedades desejadas no estado fresco e endurecido. A formulação correta da mistura influencia diretamente a resistência mecânica, a trabalhabilidade, a durabilidade e a permeabilidade do concreto, tornando a dosagem um fator determinante para o desempenho das estruturas.

A dosagem de concreto pela metodologia ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) foi desenvolvida com base no método do *American Concrete Institute* (ACI), mas adaptada às condições brasileiras. Esse método é especialmente indicado para concretos com consistência plástica, utilizando agregados graúdos britados e areia de rio (Curti, 2020).

Por ser um método experimental, a dosagem ABCP (Figura 4) oferece uma estimativa inicial das proporções dos materiais, mas requer validação em laboratório para garantir que as propriedades do concreto atendam aos requisitos específicos do projeto. Dessa forma, é essencial realizar testes para ajustar a dosagem, assegurando o desempenho adequado do concreto nas condições reais de uso.

Figura 4 – Metodologia ABCP.



Fonte: Locatelli, 2025.

Passo a Passo da Dosagem ABCP

1. Definir as Características do Concreto

Resistência à compressão: Determinar a resistência desejada do concreto (f_{ck}) para o tipo de estrutura a ser executada na equação 1.

$$F_{cj} = F_{ck} + 1,65 * S_d$$

Onde:

Equação (1)

F_{ck} : resistência característica do concreto

S_d : condição de preparo (Figura 5)

Figura 5 – Condição de Preparo.

Condição de Preparo

Condição A <i>Sd = 4,0 MPa</i>	O cimento e os agregados são medidos em <i>massa</i> , a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados (concreto normalmente preparado pela empresas de serviços de concretagens).
Condição B <i>Sd = 5,5 MPa</i>	O cimento é medido em <i>massa</i> , a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados em volume. A umidade do agregado miúdo é determinada pelo menos três vezes ao dia. O volume do agregado miúdo é corrigido através da curva de inchamento estabelecida especificamente para o material utilizado.
Condição C <i>Sd = 7,0 MPa</i>	O cimento é medido em <i>massa</i> , os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto.

Fonte: Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Metodo_Dosagem_Concreto_ABCPonLINE_22.07.2020.pdf. Acesso em: 03 abril 2025.

2. Fixação da relação a/c

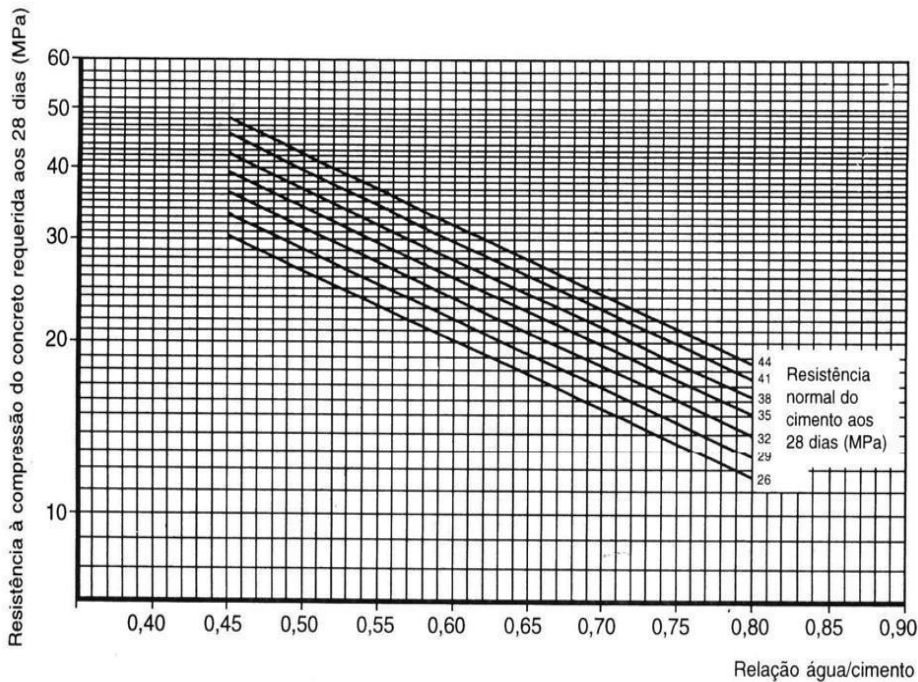
A **relação água/cimento (a/c)** é um dos parâmetros mais críticos para o desempenho do concreto. Para calcular a quantidade de água, a dosagem inicial do cimento é usada para definir a proporção de água (Figura 6). A resistência à compressão é o principal parâmetro da resistência mecânica a ser considerado. O valor da relação água/cimento é estimado com base na curva de Abrams (Figura 7), que por sua vez, deve ser determinado em função do tipo de cimento.

Figura 6 – Fixação a/c.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 1)			
		I	II	III	IV
Relação água/aglomerante em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo mínimo de cimento (kg/m³)	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

Fonte: Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Metodo_Dosagem_Concreto_ABCPonLINE_22.07.2020.pdf. Acesso em: 03 abril 2025.

Figura 7 – Curva de Abrams.



Fonte: Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Metodo_Dosagem_Concreto_ABCPonLINE_22.07.2020.pdf.

3. Estimativa do Consumo de Água do Concreto (Cag)

A quantidade de água necessária (Figura 8) para que a mistura fresca adquira uma determinada consistência, medida pelo abatimento do tronco de cone, depende basicamente da granulometria, da forma e textura dos grãos, mais especificamente, da área específica do agregado total da mistura.

Figura 8 – Determinação aproximada do consumo de água.

Consumo de água aproximada (l/m³)					
Abatimento (mm)	D _{máx} agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Obs.: Quando for utilizado aditivo redutor de água (plastificantes), fazer a correção da água em função das características técnicas do aditivo, fato este que deve ser informado pelo fabricante.

Fonte: Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Metodo_Dosagem_Concreto_ABCPonLINE_22.07.2020.pdf. Acesso em: 03 abril 2025.

4. Estimativa do Consumo de Cimento (Cc)

Feita a estimativa do consumo de água por metro cúbico de concreto e adotada a relação água/cimento, a estimativa do consumo de cimento pode ser feita pela Equação 2.

$$Cc = \frac{Ca}{a/c}$$

Onde:

Equação (2)

C_c – consumo de cimento (kg/m^3);

C_a – consumo de água (l/m^3);

a/c – relação água cimento.

5. Estimativa do Consumo de Agregados

O método permite a obtenção de misturas com uma determinada consistência aliada ao menor volume de vazios inter-grãos possíveis. Assim, determina-se um teor ótimo do agregado graúdo na mistura por meio de proporcionamento adequado de relação agregado graúdo/agregado miúdo, partindo-se do princípio de colocar na mistura o máximo volume de agregado compactado seco por metro cúbico de concreto.

A Figura 9, cujos valores foram determinados experimentalmente pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), apresenta os volumes compactados a seco de agregado graúdo, por metro cúbico de concreto, em função do Diâmetro Máximo característico do agregado graúdo ($\phi_{\text{máx.}}$).

Figura 9 – Determinação porcentagem de agregado graúdo.

MF	Dimensão máxima (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
	(%) de agregado graúdo (Vb)				
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Fonte: Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Metodo_Dosagem_Concreto_ABCPonLINE_22.07.2020.pdf. Acesso em: 03 abril 2025.

A estimativa do Consumo do agregado graúdo por metro cúbico de concreto pode ser calculada pela Equação 3.

$$Cb = Vb * Mc$$

Onde: Equação (3)

Cb – consumo de brita (kg/m³);

Vb – volume de agregado seco por m³ de concreto;

Mc – massa unitária compactada do agregado graúdo (kg/m³)

No caso de misturas que utilizem dois ou mais agregado graúdo,

recomenda-se que adote um proporcionamento entre os agregados graúdos que permita o menor volume de vazios. Isso é obtido quando os agregados são compactados em um proporcionamento tal que se obtenha a máxima massa unitária na condição compactada dos agregados. A Figura 10 apresenta os proporcionamento entre britas que permitiram o menor volume.

Figura 10 – Composição com dois agregados graúdos.

Britas	Proporção
B0, B1	30% B0 e 70% B1
B1, B2	50% B1 e 50% B2
B2, B3	50% B2 e 50% B3
B3, B4	50% B3 e 50% B4

Fonte: Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Metodo_Dosagem_Concreto_ABCPonLINE_22.07.2020.pdf. Acesso em: 03 abril 2025.

A estimativa do consumo do agregado miúdo (Ca), quando já determinados os consumos do cimento, água e agregado graúdo, é imediata. Isso se deve ao fato que por princípio, o volume de concreto é formado pela soma dos volumes absolutos dos materiais que o constituem. Assim, para 1,0 metro cúbico de concreto, o volume do agregado graúdo pode ser calculado pela Equação 4.

$$Vm = 1 - \left(\frac{Cc}{\delta c} + \frac{Cb}{\delta b} + \frac{Ca}{\delta a} \right)$$

Onde:

Equação (4)

V_m – volume de areia (m^3);

C_c – consumo de cimento (kg/m^3);

δc – massa específica do cimento (kg/m^3);

C_b – consumo de brita (kg/m^3);

δb – massa específica da brita (kg/m^3);

C_a – consumo de água (l/m^3);

δa – massa específica da água (kg/m^3).

O consumo de areia por metro cúbico de concreto será o obtido pela Equação 5.

$$C_m = \delta m * V_m$$

Onde:

Equação (5)

C_m – consumo de areia (kg/m^3);

δm – massa específica da areia (kg/m^3);

V_m – volume de areia (m^3).

8. Apresentação do traço pela Equação 6.

$$\frac{C_c}{C_c} : \frac{C_m}{C_c} : \frac{C_b}{C_c} : \frac{C_a}{C_c}$$

Onde:

Equação (6)

Cc: consumo do cimento

Cm: consumo da areia

Cb: consumo da bruta

Ca: consumo de água

Exemplo de cálculo

O engenheiro Adriano desenvolveu o projeto para José e recomendou a utilização de uma dosagem mais técnica fornecida pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), levando em consideração a caracterização dos materiais.

Concreto	Cimento CP II Z 32	Água	Areia	Brita (80% de brita 1 20% de brita 2)
Fck = 25,0 MPa	δcim = 3.100 kg/m³	δágua = 1.000 kg/m³	MF = 2,20	Dmáx = 25 mm
Abatimento = 90 ± 10 mm			δare = 2.650 kg/m³	δb1 = 2.700 kg/m³
Condição A			γare = 1.470 kg/m³ (solta)	δb2 = 2.700 kg/m³
Cimento CP II Z 32			Inchamento = 10%	γb1 = 1.430 kg/m³ (solta)

Legenda:			Umidade = 5%	$\gamma_b2 = 1.400 \text{ kg/m}^3 \text{ (solta)}$
$\delta = \text{massa específica (kg/m}^3\text{)}$	$\gamma = \text{massa unitária (kg/m}^3\text{)}$			$\gamma_b1 + b2 = 1.500 \text{ kg/m}^3 \text{ (comp.)}$

- Cálculo do f_{c28} e obtenção da relação a/c;
- Consumo de materiais (agregado graúdo, areia, cimento, água);
- Traço para produção de $5,0 \text{ m}^3$ de concreto (massa);
- Traço unitário (seco);
- Traço para 1 saco de cimento de 50 kg (seco);
- Traço em volume seco e úmido;

Resolução:

- Cálculo do f_{c28} e obtenção da relação a/c;

Dados: $F_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$.

Sd: Condição A $\rightarrow 4,00$

MPa.

$$F_{cj} = F_{ck} + 1,65 \cdot S_d$$

$$F_{cj} = 25,00 + 1,65 \cdot 4,00$$

$$F_{cj} = 31,60 \text{ MPa.}$$

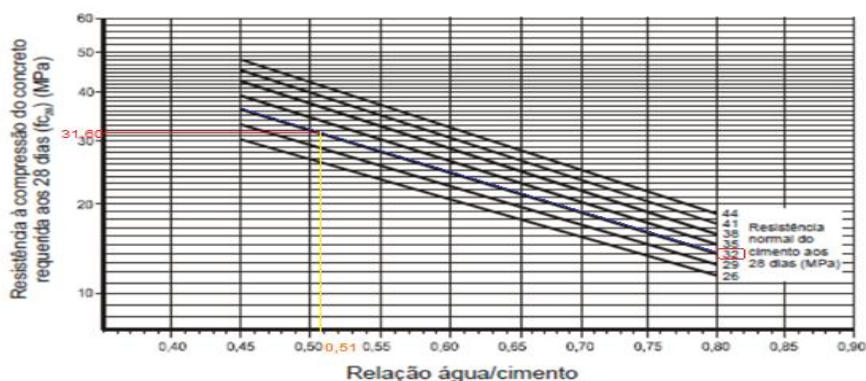


FIGURA 2.14 – Gráfico para a determinação da relação água/cimento (a/c) em função das resistências do concreto e do cimento aos 28 dias de idade (Rodrigues, 1998).

Fator a/c: Considerando a resistência do cimento aos 28 dias (Cimento CP II Z 32) e a resistência à compressão do concreto requerida aos 28 dias (31,60MPa), através da curva de Abrams (Figura 7), temos **a/c -> 0,51**.

b) Consumo de materiais (agregado graúdo, areia, cimento, água);

1. Consumo de água

Dados: $D_{\text{máx}} = 25 \text{ mm}$

Abatimento = $90 \pm 10 \text{ mm}$

Através da Figura 8: Consumo de água: **200 l/m³**.

Consumo de água aproximada (l/m ³)					
Abatimento (mm)	$D_{\text{máx}}$ agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Obs.: Quando for utilizado aditivo redutor de água (plastificantes), fazer a correção da água em função das características técnicas do aditivo, fato este que deve ser informado pelo fabricante.

2. Consumo do cimento

$$C_c = \frac{C_a}{a/c} = \frac{200}{0,51} = 392,16 \text{ kg/m}^3$$

3. Consumo de agregado graúdo (Figura 9)

Dados: MF = 2,20

D_{máx} = 25 mm

MF	Dimensão máxima (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
	(% de agregado graúdo (Vb))				
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Dados: Vb: 0,755 (%)

$\gamma_{b1+b2} = 1.500 \text{ kg/m}^3$

(comp.)

$$C_b = Vb * M_c$$

$$C_b = 0,755 * 1500$$

$$C_b = 1.132,50 \text{ kg}$$

Brita 1: 80% Brita 2: 20%

B1: 1.132,50*80%: 906,00 kg

B2: 1.132,50*20%: 226,50kg

4. Consumo do agregado miúdo

$$Vm = 1 - \left(\frac{Cc}{\delta c} + \frac{Cb}{\delta b} + \frac{Ca}{\delta a} \right) \\ = 1 - \left(\frac{392,16}{3100} + \frac{906,00}{2700} + \frac{226,50}{2700} + \frac{200}{1000} \right) =$$

Vm = 0,254

$$Cm = \delta m * Vm = 2650 * 0,254 =$$

Cm = 673,10kg

Apresentação do traço

$$\frac{Cc}{Cc} : \frac{Cm}{Cc} : \frac{Cb}{Cc} : \frac{Ca}{Cc} = \frac{392,16}{392,16} : \frac{673,10}{392,16} : \frac{906}{392,16} : \frac{226,5}{392,16} : \frac{200}{392,16} =$$

1 : 1,72 : 2,31 : 0,58 : 0,51

c) Traço para produção de 5,0 m³ de concreto (massa);

1m³

Cimento: 392,16 kg

Areia: 673,1 kg

Brita 1: 906 kg

5m³

Cimento: 1.960,8 kg

Areia: 3.365,5 kg

Brita 1: 4.530 kg

Brita 2: 226,5 kg

Brita 2: 1.132,5 kg

Água: 200 l

Água: 1.000 l

d) Traço unitário (seco);

1 : 1,72 : 2,31 : 0,58 : 0,51

e) Traço para 1 saco de cimento de 50 kg (seco);

50 : 86 : 115,50 : 29 : 25,50 (kg)

f) Traço em volume seco e úmido;

Ajustar a umidade da areia

Areia (1m³): 673,10 kg (areia úmida)

água 200 l

Umidade 5%

Areia: 639,45 kg (areia seca), retirou-se 33,65kg de água.

A água do traço mantém-se 200l. Se for utilizada a areia úmida, a umidade deve ser descontada da água, logo a água adicionada na areia úmida deve ser de 166,35kg.

Traço úmido

392,16 : 673,10 : 906,00 : 226,50 : 166,35 (kg)

1: 1,72: 2,31: 0,58 : 0,42

Traço seco

392,16 : 639,45 : 906,00 : 226,50 : 200 (kg)

1 : 1,63 : 2,31 : 0,58 : 0,51

REFERÊNCIAS

Araújo, R. C. L.; Rodrigues, L. H. V.; Freitas, E. G. A. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro, 2000. 115 p. (Apostila).

Associação Brasileira de Cimento Portland. **Cimento: diferentes tipos e aplicações**. 2018. Texto: Nataly Pugliesi. Disponível em: <https://abcp.org.br/cimento-diferentes-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11172:1990. **Aglomerantes de origem mineral**. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11768:2019. **Aditivos químicos para concreto de cimento Portland**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12655:2022. **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13276:2016. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13277:2005. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13278:2005. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13279:2005.

Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13280:2005. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13281:2023. **Argamassas inorgânicas – Requisitos e métodos de ensaio.** Parte 1 – Argamassas para revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13528:2019. **Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência de tração.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13749:2013. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14081:2012. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15259:2005. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15261:2005. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da variação dimensional (retratação ou expansão linear).** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15900:2009. **Água**

para amassamento do concreto. Parte 1: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16607:2018. **Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16889:2020. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16972:2021. **Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16974:2022. **Agregados – Ensaio de resistência ao impacto e à abrasão Los Angeles.** Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7211:2022. **Agregados para concreto - Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7222:2011. **Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7809:2019. **Agregados graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9775:2011. **Agregado miúdo – Determinação do teor de umidade superficial por meio do frasco de Chapman – Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9778:2005. **Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de**

água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9935:2024. **Agregados - Terminologia.** Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9939:2011. **Agregado graúdo – Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NM 101:1996. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NM 137:1997. **Argamassa e concreto – Água para amassamento e cura da argamassa e concreto de cimento Portland.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NM 248:2001. **Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NM 52:2002. **Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NM 53:2009. **Agregados graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NM 55:1996. **Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NM 65:2003. **Cimento Portland – Determinação do tempo de pega.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira NBR 11172:1990. **Aglomerantes de origem mineral**. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira NBR 13207:2017. **Gesso para construção civil - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira NBR 15575-1:2024. **Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira NBR 16697:2018. **Cimento Portland - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

Barazzetti, F. **Argamassa – tipos, traços e normas**. 2022. Disponível em: <https://carluc.com.br/materiais-de-construcao/argamassa/>. Acesso em: 03 mar. 2025.

Bauer, L. A. F. **Materiais de construção**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Bauer, L. A. F. **Materiais de construção**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Bauer, L. A. F. **Materiais de construção**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Bento, B. **Moradores escapam de acidente após queda de revestimentos de prédio no litoral de SP**. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santosregiao/noticia/2023/07/14/moradores-escapam-deacidenteaposquedaderevestimentosdepredio-no-litoral-de-sp-video.ghml>. Acesso em: 28 fev. 2025.

Bernucci, L. B.; Motta, L. M. G. da; Ceratti, J. A. P.; Soares, J. B. **Pavimentação asfáltica – Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006. 504p.

Callister, W. D. Jr.; Rethwisch, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 845p.

Caporrino, C. F. **Patologias em alvenarias**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2018.

Carvalho, R. R. **Patologias em concreto armado**. 2014. Disponível em: <https://www.rodriгорcarvalho.com.br/patologias-em-concreto-armado/>. Acesso em: 28 fev. 2025.

Cava, F. **Propriedades do concreto endurecido**. 2018. Disponível em: <https://alemdainercia.com/2018/06/25/9-propriedades-do-concreto-endurecido/>. Acesso em: 03 abril 2025.

Cava, F. **Propriedades do concreto fresco**. 2018. Disponível em: <https://alemdainercia.com/2018/06/18/3-propriedades-do-concreto-fresco/>. Acesso em: 03 abril 2025.

Cimento.org. **Como preparar uma boa argamassa**. 2010. Disponível em: <https://cimento.org/como-preparar-uma-bo-a-argamassa/>. Acesso em: 28 fev. 2025.

Curti, R. **Dosagem do concreto pelo método ABCP**. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2020. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Metodo_Dosagem_Concreto_ABCPonLINE_22.07.2020.pdf. Acesso em: 03 abril 2025.

Curti, R. **Propriedades do concreto**. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2020. Disponível em: https://abcp.org.br/wpcontent/uploads/2020/07/Propriedades_do-concreto_ABCPonLINE_16.07.pdf. Acesso em: 03 abril 2025.

Filho, J. M.; Freitas Jr., J. de A.; Costa, M. do R. M. da; Artigas, L. V. **Propriedades do concreto no estado endurecido**. Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2019. Disponível em: <https://dcc.ufpr.br/wpcontent/uploads/2020/09/TC031Propriedades-Endurecido-2020.pdf>. Acesso em: 03 abril de 2025.

G1. Especialistas explicam como acabar com o mofo nas paredes. 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/sao-paulo/sao-jose-do-rio-preto-aracatuba/mercado-imobiliario-do-interior/noticia/2017/02/especialistas-explicam-como-acabar-com-o-mofo-nas-paredes.html>. Acesso em: 05 mar. 2025.

Goto, H.; Ribeiro, J. P. C.; Centofante, R. **Materiais da construção.** Porto Alegre: SAGAH, 2018.

Lisboa, E. de S.; Alves, E. dos S. A.; Melo, G. H. A. G. **Materiais de construção: concreto e argamassa.** 2. ed. Porto Alegre : SAGAH, 2017. 227p.

Lisboa, E. de S.; Alves, E. dos S. A.; Melo, G. H. A. G. **Materiais de construção: concreto e argamassa.** 2. ed. Porto Alegre : SAGAH, 2017. 227p.

Nakamura, J. **Como evitar e remover eflorescências em estruturas de concreto?** 2019. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-evitar-e-remover-eflorescencias-em-estruturas-de-concreto/19336>. Acesso em: 05 mar. 2025.

Neville, A. M.; Brooks, J. J. **Tecnologia do concreto.** 2 ed. Bookman, 2013.

Parizotto, L. **Concreto armado.** Porto Alegre: SAGAH, 2017. 220p. ISBN 978-85-9502-091-7.

Pedroso, H. **7 maneiras de usar o gesso na construção civil.** 2023. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/usogessoconstrucao-civil/25031>. Acesso em: 27 fev. 2025.

Pereira, C. Cal: **O que é, tipos e aplicações.** 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/cal/>. Acesso em: 26 fev. 2025.

Pereira, C. **Tipos de argamassa colante – AC-I, AC-II, AC-III, AC-**

IIIE. Escola Engenharia, 2015. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-argamassa-colante/>. Acesso em: 05 mar. 2025.

Quarcioni, V. A. **Cal hidratada x virgem: aplicações, características, prós e contras.** 2018. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/cal-hidratada-x-virgem-aplicacoes-caracteristicas-pros-e-contras/17966>. Acesso em: 26 fev. 2025.

Quartzolit. **Como assentar refratários em churrasqueiras, lareiras ou fornos.** s.d. Disponível em: <https://www.quartzolit.weber/argamassaserejuntasquartzolit/argamassas-para-assentamento-deblocosespeciais/comoassentar-refratarios-em-churrasqueiras-lareiras-ou-fornos>>. Acesso em: 05 mar. 2025.

Recena, F. A. P. **Conhecendo argamassa.** 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012. 128p.

Weimer, B. F.; Thomas, M.; Dresch, F. **Patologia das estruturas.** Porto Alegre: SAGAH, 2018.

Yazigi, W. **A técnica de edificar.** 18 ed. São Paulo: Blucher, 2021. 864p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abatimento, 93

Abcp, 101, 106

Abnt, 21

Abundância, 25

Acabamento, 65

Aci, 101

Acordo, 87

Adensamento, 92

Adequado, 70

Aderência, 40

Adições, 65

Agitar, 42

Aglomerante, 30

Aglomerantes, 22, 27

Agregado, 38, 50, 54, 56

Agregados, 38, 40, 107

Agressivos, 14

Ajustado, 53

Ajuste, 15

Al₂O₃, 32

Alicerce, 11

Aluminoso, 74

Amigos, 11

Amor, 11

Amostra, 53, 57

Amostras, 56

Amplamente, 22

Aplicação, 66, 81

Aplicações, 94

Aprofundado, 14

Apropriadas, 38

Aquecimento, 30	Carbonato, 26
Areia, 70	Carbônico, 26
Argamassa, 9, 62, 68	Carga, 97
Argamassas, 25, 76, 90	Cargas, 99
Arredondado, 50	Cerca, 31
Artificiais, 38	Cidades, 9
Assentamento, 72	Ciência, 10, 14
Assentamento, 71	Cimento, 16, 20, 23, 30, 32, 94,
Autoadensáveis, 9	103
B	Cimentos, 35
Baixa, 97	Civil, 10
Baldes, 70	Classificados, 21
Barreiras, 28	Cloretos, 92
Base, 10	Compactados, 106
C	Comparação, 27
Caixas, 70	Comporta, 42
Calcular, 48	Composição, 44, 46, 72
Capacidade, 99	Composto, 86

Composto, 33	Curva, 42
Compressão, 96, 103	D
Compromete, 15	Deformações, 66
Comprometer, 28, 62	Desempenho, 83, 101
Concreto, 10, 15, 38, 44, 85, 99	Desplacamentos, 68
Conforme, 38	Desvantagem, 26
Consideração, 110	Determinação, 74
Constante, 53, 56	Determinado, 103
Construção, 9, 10, 63	Determinar, 48
Construções, 18, 96	Deus, 11
Consumo, 110	Difíceis, 11
Contato, 23	Dificulta, 15
Contínuos, 60	Dimensão, 47
Controlar, 9	Diretamente, 92, 99
Corpos, 96, 100	Divididos, 38
Critérios, 38	Dosagem, 18, 67
Crítico, 15	Durabilidade, 44
Cumprimento, 18	Durante, 34

Duráveis, 45

E

Elementos, 66

Endurecimento, 20, 28, 45, 65

Enfraquecer, 90

Engenheiro, 110

Ensaio, 94

Entender, 9

Entrar, 31

Envolve, 14

Equação, 49

Equação, 53

Específica, 51, 54

Essencial, 101

Estabilidade, 68

Estrutura, 85

Estruturas, 73

Etapa, 31

Evaporação, 22

Excessivos, 99

Exemplo, 14

Expresso, 50, 56

Extração, 27

Extremas, 74

F

Facilidade, 99

Fenômenos, 96

Ferro, 32

Figura, 74

Fissurações, 99

Fissuras, 66, 81

Fluidez, 88

Força, 11

Forma, 20, 21, 50

Fornecida, 90

Forno, 33

Frasco, 54

Função, 32

Fundamentais, 96

Fundamental, 46, 59, 94

G

Garantir, 92

Gesso, 28

Grande, 35

Graúdo, 106

I

Impactos, 16

Impurezas, 32

Indevido, 14

Indicação, 70

Industriais, 92

Infiltrações, 15, 82

Influências, 27

J

Jornada, 10, 11

L

Ladrilhos, 71

Latas, 70

Leitura, 10

Levar, 17

Líquido, 48

M

Maior, 27, 30

Maleabilidade, 20

Manutenção, 83

Massa, 48, 51, 58

Materiais, 39, 77

Material, 72

Mecânica, 99

Medidoras, 70

Método, 59

Métodos, 97

Mgo, 32

Mínima, 34

Minimiza, 27

Minimizar, 35, 92

Mistura, 88

Misturar, 68

Miúdo, 106

N

Natural, 24

Necessários, 40

Necessidade, 88

Norma, 41

Novamente, 48

O

Obras, 34

Obtenção, 20, 24

Ornamentos, 30

P

Páginas, 11

Papel, 18

Paquímetro, 50

Partículas, 38

Patologias, 81

Peças, 17

Pega, 16, 94

Peneira, 39

Peneiras, 42

Período, 57

Permeabilidade, 90

Pesada, 47

Pintura, 71

Piso, 71

Placas, 72

Porcentagens, 41

Porosidade, 90

Posteriormente, 31

Prejudicando, 46

Prevenindo, 68

Principalmente, 25

Proceder, 56

Procedimento, 60

Processo, 16

Produto, 21

Profissionais, 63

Progressivamente, 99

Proporcionamento, 107

Proporções, 93, 101

Propriedade, 92

Propriedades, 20, 38, 68

Q

Qualidade, 45

Química, 21

R

Reboco, 71

Recipiente, 59

Redor, 10

Registrada, 23

Relação, 50, 90

Resistência, 14, 16, 22, 72, 85,
95, 103

Resistente, 34

Resistentes, 9

Resultando, 85

Revestimentos, 28, 60, 83

Rolado, 38

S

Sabedoria, 11

Seco, 77

Seixo, 38

Similar, 28

So₃, 32

Solicitações, 16

Subterrâneas, 89

Superfície, 49, 58

Superior, 59

Suportar, 68

T

Tamanho, 43

Temperaturas, 24, 88

Tempo, 16, 33

Tipo, 14

Trabalhabilidade, 15, 40, 85,

100

Tração, 75

U

Umidade, 16, 47, 94

Unitária, 40, 55, 59

Unitário, 77

Utilizadas, 30

Utilizados, 44

Utilizando, 57

V

Variedades, 29

Ventos, 17

Vida, 11

Volume, 106

A CIÊNCIA DO CONCRETO E DA ARGAMASSA: DA MISTURA À RESISTÊNCIA

Revista REASE chancelada pela Editora Arché.

São Paulo- SP.

Telefone: +55(11) 5107- 0941

<https://periodicorease.pro.br>

contato@periodicorease.pro.br

ISBN: 978-65-6054-176-4

CDL



9 786560 541764